

Inhalt

Inhalt	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VII
Selbstständigkeitserklärung	VIII
Danksagung.....	VIII
Sperrvermerk.....	IX
1 Einleitung.....	1
1.1 <i>Antrieb - die technische Entwicklung</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Ziel - den Anschluss finden</i>	<i>1</i>
1.3 <i>Vorbereitung - Aufbau auf der Praktikumsarbeit</i>	<i>2</i>
2 SinuTrain Geschichte.....	3
2.1 <i>Die ersten Jahre</i>	<i>3</i>
2.2 <i>Weitere Entwicklung.....</i>	<i>3</i>
2.3 <i>Aktueller Stand.....</i>	<i>3</i>
3 Grundlagen	5
3.1 <i>SINUMERIK-Zyklen näher erleutert.....</i>	<i>5</i>
3.1.1 <i>Aufbau von Zyklen.....</i>	<i>5</i>
3.1.1.1 <i>Aufruf eines Zyklus.....</i>	<i>5</i>
3.1.1.2 <i>Zyklusparameter</i>	<i>6</i>
3.1.2 <i>CYCLE800</i>	<i>7</i>
3.1.2.1 <i>Aufbau des Zyklus.....</i>	<i>7</i>
3.1.2.2 <i>Funktion "Schwenken".....</i>	<i>9</i>
3.1.2.3 <i>Funktion "Anstellen Werkzeug"</i>	<i>10</i>
3.1.2.4 <i>Funktion "Ausrichten Werkzeug"</i>	<i>10</i>
3.1.3 <i>CUST_800</i>	<i>12</i>
3.1.3.1 <i>Aufbau des Zyklus.....</i>	<i>13</i>
3.1.3.2 <i>Funktionsmarken des CUST_800.....</i>	<i>14</i>

3.1.3.3	Ablauf und Aufruf des CUST_800	16
3.1.4	KINEMATISCHE_KETTE	19
3.1.5	Drehzyklen	21
3.1.5.1	Abspannen (CYCLE951) und Einstich (CYCLE930)	22
3.1.5.2	Freistich (CYCLE940) und Abstich (CYCLE92)	23
3.1.5.3	Gewinde (CYCLE99) und Gewindekette (CYCLE98)	23
3.1.5.4	Kontur drehen	23
3.2	<i>Maschinendaten</i>	24
3.2.1	<i>Was sind Maschinendaten?</i>	24
3.2.2	<i>Aufbau und Struktur von Maschinendaten</i>	24
3.2.31	<i>Wichtige Maschinendaten</i>	26
4	Tätigkeit	27
4.1	Anpassen von SinuTrain	27
4.1.1	Erweitern der Werkzeuglisten um Drehwerkzeuge	27
4.1.2	"Freischalten" der Dreh-Funktionen	28
4.2	<i>Testprogramme, Schnittdaten und Werkzeuge</i>	30
4.3	<i>Maschinendaten ändern</i>	30
4.3.1	MD 10716	30
4.3.2	MD 20270	31
4.4	<i>Zyklen anpassen</i>	31
4.4.1	Werkzeugwechsel	31
4.4.2	Veränderungen im CUST_800	31
5	Probleme	35
5.1	<i>Der Zyklus KINEMATISCHE_KETTE</i>	35
5.2	<i>Modifikation von SinuTrain</i>	35
6	Fazit und Ausblick	37
6.1	<i>Fazit: Ein erster Schritt ist getan</i>	37
6.2	<i>Ausblick in die weitere Entwicklung</i>	37
6.2.1	weitere Multitasking-Maschinen in SinuTrain	38
6.2.2	Mehrkanal-Maschinen	38
6.3	<i>Wünschenswert: Verzahnung der Entwicklungen</i>	38
Literatur	39
Anlagen	47
Anlage 1: Werkzeugwechselprogramm TAC Erlangen	A-49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fehlermeldung in SinuTrain durch falsche Zyklensyntax	5
Abbildung 2: Parameterdefinitionen aus dem CYCLE800	6
Abbildung 3: Die verschiedenen Kinematiktypen [11]	7
Abbildung 4: Schwenken Ebene.....	9
Abbildung 5: Anstellen Fräswerkzeug	10
Abbildung 6: Ausrichten Drehwerkzeug.....	11
Abbildung 7: Manuelle Eingabe des Zyklus	11
Abbildung 8: Ausrichten Fräswerkzeug in der Fräs-Dreh-Maschine	12
Abbildung 9: Struktur (grob) der Schwenkzyklen [20]	13
Abbildung 10: Struktur: CYCLE800.SPF / CUST_800.SPF [13]	17
Abbildung 11: Struktur: E_TCARR.SPF (F_TCARR.SPF) / CUST_800.SPF [13]	18
Abbildung 12: Vektoren innerhalb einer Tischkinematik [22].....	20
Abbildung 13: VSL im Bearbeitungsbereich „Drehen“.....	22
Abbildung 14: Softkeys von Abspannen 1, 2 und 3 (von links nach rechts) [28]	23
Abbildung 15: Softkeys von Einstechen 1, 2 und 3 (von links nach rechts) [29].....	23
Abbildung 16: Bereich „Maschinendaten“ in der Inbetriebnahme.....	25
Abbildung 17: Neues Werkzeug – Offset – vor der Anpassung	27
Abbildung 18: Neues Werkzeug – Offset – nach der Anpassung	28
Abbildung 19: HSL im G-Code-Modus	29
Abbildung 20: VSL vor (links) und nach (rechts) der Anpassung	29
Abbildung 21: Zu ändernder Parameter in slstepeditorconfig.xml.....	29
Abbildung 22: Neue Option: Ausrichten Drehwerkz.	30
Abbildung 23: Funktionsmarke _M70 (Standard-CUST_800)	31
Abbildung 24: Überarbeitete Funktionsmarke _M70	32
Abbildung 25: Funktionsmarke _M40 (Standard-CUST_800)	32
Abbildung 26: Überarbeitete Funktionsmarke _M40	33
Abbildung 27: Fertige Funktionsmarke _M70	33

Abbildung 28: Fertige Funktionsmarke _M40	33
Abbildung 29: Anzeige der Maschinenteknologie (noch) unvollständig	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Datentypen	6
Tabelle 2: Parameter des CYCLE800 [14][15].....	8
Tabelle 3: Parameter des Herstellerzyklus CUST_800.SPF [13]	14
Tabelle 4: Funktionsmarken im CUST_800 und ihre Bedeutung [21]	14
Tabelle 5: Aufgaben der Funktionsmarken [13]	15
Tabelle 6: Die verschiedenen Drehbearbeitungsoptionen	21

Abkürzungsverzeichnis

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
HSL	Horizontale Softkey-Leiste
MD	Maschinendatum/Maschinendaten
NC	Numeric Control
NCK	Numeric Control Kernel
SDS	Schwenkdatensatz
TC	Toolcarrier
VSL	Vertikale Softkey-Leiste
WZM	Werkzeugmaschine(n)
WZW	Werkzeugwechsel

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Chemnitz, den 01.03.2013

.....

Torben Stephan

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen Dank an jene Personen aussprechen, ohne welche das Erstellen dieser Bachelorarbeit nicht möglich gewesen wäre. Herrn Dipl.-Ing. K. Schwarz als meinen betrieblichen Betreuer und Gesamtverantwortlichen. Herrn C. Jans als Projektleiter "Multitasking" sowie Ansprechpartner im Bereich Fräs-Drehen und Dreh-Fräsen. Herrn J. Ciesielski, Herrn J. Hochmuth, Herrn T. Schroeder und Herrn J. Wagner bei Problemen und Fragen mit/um SinuTrain sowie dessen Entwicklung. Darüber hinaus gilt mein Dank noch Frau G. Boggasch und Frau I. Gunzenheimer für Ihre Hilfe bei organisatorischen Vorgängen, sowie den weiteren Kollegen aus dem Bereich I D MC MTS APC 2.

Sperrvermerk

Die vorliegende Praktikumsarbeit enthält vertrauliche Daten der Siemens AG. Veröffentlichungen oder Vervielfältigungen der Arbeit – auch nur auszugsweise – sind ohne die ausdrückliche Genehmigung der Siemens AG, Industry Sector, Drive Technologies Division, Frauenausracher Straße 80, 91056 Erlangen, nicht gestattet. Die Praktikumsarbeit ist nur den Korrektoren, sowie den Mitgliedern des Prüfungsausschusses zugänglich zu machen. Die Sperrfrist ist unbefristet gültig.

1 Einleitung

Den Auftakt dieser Bachelorarbeit soll ein grober Überblick auf die aktuelle Situation rund um die Entwicklung der SINUMERIK und ihrer Funktionen im Hinblick auf die Trainingssoftware SinuTrain sein.

1.1 Antrieb – die technische Entwicklung

SinuTrain, die Trainingssoftware von Siemens im Bereich der Werkzeugmaschinen, hat sich seit ihrer Entstehung als Nebenprojekt [1] zu einem wichtigen Produkt im Umfeld von mit SINUMERIK ausgerüsteten Werkzeugmaschinen und deren Schulung entwickelt.

Mit dem Voranschreiten der technologischen Entwicklung von Werkzeugmaschinen und ihren Steuerungen – sei es auf Grund der Anforderungen, die konstruierte Werkstücke stellen oder durch neue Möglichkeiten die die Weiterentwicklung bisheriger Systeme bringt – verändern sich auch die Anforderungen an die Software, welche diese System unterstützt.

So ist SinuTrain in der aktuellen Version im Funktionsumfang auf Augenhöhe mit „klassischen“ CNC-Fräs- und CNC-Drehmaschinen, doch fehlt es der Software an Unterstützung in aktuellen Technologien, wie der Simulation einer Multitasking-Maschine.

Aufgrund der großen Produktpalette von Siemens im Bereich Zerspanung, durch das Anbieten eigener CAD/-CAM-Software (NX), die Integration eigener Antriebe und Motoren in die Werkzeugmaschinen, einer eigenen Steuerung und nicht zuletzt einer Trainingssoftware ist es möglich, durch gute Komplettpakete weitere Marktanteile zu sichern.

1.2 Ziel – den Anschluss finden

Ein solches „Komplettpaket“, wie oben erwähnt, kann wiederum durch Versäumnisse und unterschiedliche technische Entwicklung der einzelnen Bereiche schnell an Attraktivität verlieren, sodass mitunter andere Produkte des Herstellers in ein schlechtes Licht rücken oder gemieden werden.

Im Hinblick auf den derzeitigen Stand der SinuTrain-Software ist es somit nicht verwunderlich, dass es einiger Überarbeitung bedarf, um im Bereich der Schulungs-/Trainingssoftware mit der aktuellen WZM-Entwicklung Schritt zu halten, beziehungsweise den Anschluss zu finden.

Ziel der Bachelorarbeit war daher die Fertigstellung einer Fräs-Dreh-Maschinenkonfiguration, welche sich in die SinuTrain-Software integrieren lässt und alle

Funktionen, welche auch eine entsprechende aktuelle Werkzeugmaschine mit SINUMERIK-Steuerung bietet, zur Verfügung stellt und problemlos ausführt.

1.3 Vorbereitung – Aufbau auf der Praktikumsarbeit

Grundlage für die Bachelorarbeit und die Maschinenkonfiguration ist hierbei, neben Dokumentation von Siemens, die von mir in meiner Praktikumsarbeit programmierte Fräs-Dreh-Maschine, welche nur über Fräs- und Bohrfunktionalitäten verfügte.

2 SinuTrain Geschichte

Wie in der Einleitung Bereits erwähnt, handelt es sich bei SinuTrain um eine Software von Siemens, welche zu Beginn als Nebenprojekt [1] entwickelt wurde und sich über die Jahre zu einer festen Größe im Portfolio von Siemens entwickelt hat. Nachfolgend gehe ich auf die Entwicklung dieses Produkts in den vergangenen Jahren ein.

2.1 Die ersten Jahre

SinuTrain wurde zunächst in einer Projektgruppe entwickelt und war zu Beginn rein als Hilfe für Entwickler und Programmierer der SINUMERIK gedacht. Ziel der Entwicklung war es, eine steuerungsidentische Software anzufertigen, welche die aktuellen SINUMERIK-Versionen beinhaltet und das Programmieren und Arbeiten mit jener am Arbeitsplatz und am Computer zu erleichtern/zu ermöglichen. [1]

Das große Potential sehend, wurde die Software schließlich ab 1995 auch gewerblich an Trainingspartner, Schulen und Bildungseinrichtungen verkauft, um eine verbesserte Lernmöglichkeit über den Computer zu bieten und aus Synergieeffekten sowohl die Zufriedenheit der Kunden mit ihrer SINUMERIK-Steuerung, als auch die Bekanntheit der Trainingssoftware zu steigern. [2]

2.2 Weitere Entwicklung

Im Zuge der Entwicklung der Steuerung gab es auch in SinuTrain einige Veränderungen, wie zum Beispiel das Einfügen der grafischen Simulation mit SinuTrain 6.3, oder das Entfernen der 802D-Routine mit Version 6.4. [2] Neuerungen wie das Gewindefräsen in Fräsmaschinen fanden genauso Einzug in Steuerung und Simulationssoftware wie beispielsweise das Stechdrehen in Drehmaschinen.

Bis 2009 konnte Siemens 20.000 Lizenzen, bis 2010 25.000 Lizenzen für SinuTrain verkaufen. [1][2]

2.3 Aktueller Stand

Die aktuelle Version 2.6 Service Pack 1 Hotfix 1 (intern: 04.04.01.010) [3] unterstützt die beiden Steuerungen SINUMERIK 828D und SINUMERIK 840D sl. Zu den enthaltenen 6 Sprachen können zusätzliche heruntergeladen werden. [2] SIEMENS-eigene Technologien wie ShopMill, ShopTurn oder ManualTurn werden unterstützt [2], G-Code-

Programmierung kann mittels der Siemens-Oberfläche programmGUIDE realisiert werden.

Die von Siemens angebotene Testversion [3] kann über einen Zeitraum von 60 Tagen auf dem eigenen Computer getestet werden und ist mit Hotfix 1 auch unter Windows 7 installierbar.

Optional kann SinuTrain um weitere Funktionen erweitert werden, wie einer virtuellen Maschine mit Kollisionsüberprüfung oder einem Maschinenkonfigurationstool, mit welchem Abbilder realer Maschinen in SinuTrain übertragen werden können. [2] [4]

3 Grundlagen

Im Kapitel Grundlagen liegt der Fokus auf den wichtigsten SINUMERIK-Zyklen mitsamt ihrer Bedeutung und ihrer Funktion, im Besonderen im Blick auf die Drehbearbeitung. Dazu wird auf verschiedene Maschinendaten-(Typen) und ihre Bedeutung eingegangen.

3.1 SINUMERIK-Zyklen näher erläutert

Um (später) auf die Anpassungen eingehen zu können, welche in der Fräs-Dreh-Maschine vorgenommen wurden, werden vorweg die wesentlichen/wichtigsten Zyklen für die Dreh- und Fräs-Dreh-Bearbeitung erläutert.

3.1.1 Aufbau von Zyklen

Bevor ich auf verschiedene Zyklen eingehe, möchte ich noch einige Worte zum allgemeinen Aufbau eines Zyklus verlieren.

3.1.1.1 Aufruf eines Zyklus

Der Aufruf von Zyklen erfolgt – in programmGUIDE – stets durch die Eingabe des jeweiligen Zyklennamens. Soll zum Beispiel der Zyklus BEISPIEL.SPF in einem Programm ausgeführt werden, reicht es aus, innerhalb des Bearbeitungsprogrammes BEISPIEL zu schreiben. Der Zyklus wird an der platzierten Stelle abgearbeitet.

In ShopMill/ShopTurn ist dies ebenfalls möglich, zumeist werden die benötigten Zyklen allerdings aus der grafischen Eingabemaske heraus angewählt.

Einige Zyklen, wie der Schwenkzyklus CYCLE800, müssen darüber hinaus mitsamt bestimmten Parametern aufgerufen werden. Die Parameter des Zyklus werden hinter seinem Namen in einer Klammer stehend aufgeführt, mit einem Komma voneinander getrennt.

Ein Beispiel dafür wäre: CYCLE800(0,"TISCH", 100000,57,0,0,0,0,0,0,0,0,-1,100,1)

Wird ein solcher Zyklus ohne seine Parameter aufgerufen, kommt es zu einem Syntaxfehler bei der Abarbeitung des Programms, wie in Abbildung 1 gezeigt ist.



Abbildung 1: Fehlermeldung in SinuTrain durch falsche Zyklenyntax

3.1.1.2 Zyklenparameter

Die Parameter der Zyklen werden innerhalb des Zyklus zu Beginn festgelegt.

Über den Befehl DEF und die Festlegung eines Datentyps aus der Tabelle 1 können ein oder mehrere Parameter definiert werden.

Typ	Bedeutung	Wertebereich
INT	Ganzzahlige Werte mit Vorzeichen	-2147483648 ... +2147483647
REAL	Zahlen mit Dezimalpunkt nach IEEE	$\pm(2,2 \cdot 10^{-308} \dots 1,8 \cdot 10^{+308})$
BOOL	Wahrheitswerte TRUE (1) und FALSE (0)	1, 0
CHAR	Zeichen ASCII	entsprechend Code 0 ... 255
STRING	Zeichenkette, Zeichenzahl in [...]	maximal 200 Zeichen (keine Sonderzeichen)
AXIS	nur Achsnamen (Achsadressen)	alle im Kanal vorhandenen Achsadressen
FRAME	geometrische Angaben für Verschieben, Drehen, Skalieren, Spiegeln	

Tabelle 1: Datentypen [5]

Als Beispiel dient dafür in Abbildung 2 ein Auszug aus dem Schwenkzyklus CYCLE800.

```
DEF REAL _A1, _A2, _A3, _A4, _Amax=90, _Amin=-90, _A1_TR, _A2_TR, _MODR, _MO
DS, _FAK1, _FAK3, _T_POS¶
DEF REAL _STARTPOS[3], _MOVDIS[3], _DLIMIT[5], _MAXDIST[3], _RAX1A, _RAX
2A, _AXPOL¶
DEF INT _NU_AKT, _NUG8, _G17_18_19, _GS17_18_19, _TCMD, _TCI, _TCBA=99, _T
CC, _HIRTH, _ISO=1, _UA1, _UA2, _SOL2, _SWIV=1, _TEMP, _TEMP_ON, _DMODE1, _MD
21186, _MD21184¶
DEF INT _TCRD, _TCJOG, _BFNR, _TRTYP, _Z2, _Z3, _Z4, _UG8, _RETU, _ERR_M, _FR
_1, _SETFR, _RA_KOMP, _WPOL, _DIRR, _DNR, _TNR, _DIRM, _GG29, _SWP, _MODE_809¶
DEF AXIS _XX, _YY, _ZZ, _AX1, _AX2, _AX3, _RAX1, _RAX2, _APPL¶
DEF FRAME _WPFR, _OLDFR, _TOOLFR, _SBI_FR¶
DEF STRING[40] _SERR, _TEMP_FILE="/_N_MPF_DIR/_N_TEMP_CYCLE800_MPF"
,_PN¶
DEF STRING[1] _HOCHKOMMA=" "¶
```

Abbildung 2: Parameterdefinitionen aus dem CYCLE800

3.1.2 CYCLE800

Der CYCLE800 wird bei der Bearbeitung/Programmierung verwendet, wenn es darum geht, eine statische[6] Veränderung in der Ausrichtung von Werkzeug, Werkstück (bedingt durch die jeweilige Tischkinematik, siehe Abbildung 3) oder Bearbeitungsebene zu bewirken. [7][8][9] Die Zyklenbezeichnung ist daher „Schwenken“ [10]. Anders als das ebenfalls statische „Frames“ erfolgt durch das Berücksichtigen der Kinematik der Maschine eine automatische Anpassung der Nullpunkte und Werkzeugkorrekturen, wodurch Anpassungen wie das zusätzliche Rotieren bei „Frames“ nicht notwendig sind. [6]


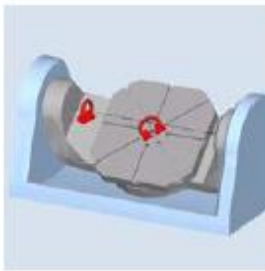
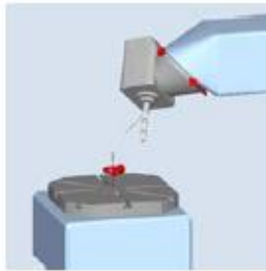
Schwenkkopf (Typ T)	Schwenktisch (Typ P)	Schwenkkopf + Schwenktisch (Typ M)
Schwenkbarer Werkzeugträger	Schwenkbarer Werkstückträger	Gemischte Kinematik
		

Abbildung 3: Die verschiedenen Kinematiktypen [11]

Eingeführt wurde der Zyklus mit dem NC-Softwarestand 6.3. [12] Die in der obigen Abbildung 3 gezeigten Kinematiken werden vom CYCLE800 unterstützt.

Der CYCLE800 und der Werkzeugwechsel sind grundsätzlich frei voneinander nutzbar, um zum Beispiel auch im geschwenkten Zustand ein Positionsmuster für das Zentrieren, Bohren und Reiben einwandfrei abfahren zu können.

Sollten beim Wechsel des Werkzeugs Rundachsen verfahren werden, so muss dies - im Hinblick auf das Schwenken – im Werkzeugwechsel berücksichtigt werden. [13]

3.1.2.1 Aufbau des Zyklus

Der CYCLE800 wird bei seiner Programmierung mit folgender Syntax geschrieben:

```
CYCLE800(INT _FR, STRING[32] _TC, INT _ST, INT _MODE, REAL _X0, REAL _Y0,
REAL _Z0, REAL _A, REAL _B, REAL _C, REAL _X1, REAL _Y1, REAL _Z1, INT _DIR,
REAL _FR_I , INT _DMODE) [14]
```

Die genauen Bedeutungen der verschiedenen Parameter können aus der nachfolgenden Tabelle 2 entnommen werden.

Nr.	Parameter	Funktion
1	_FR	Wahl des Freifahrmodus vor dem Schwenken
2	_TC	Name des Schwenkdatensatzes (" " wenn nur ein Datensatz vorhanden ist; "0" bei Abwahl bzw. Löschen des vorherigen Schwenkens)
3	_ST	Auswahl neuer oder additiver Schwenksatz, Verhalten der Werkzeugspitze, Abfrage WZ anstellen/ausrichten
4	_MODE	Auswahl über die Art der Drehung (Drehung über Achswinkel, Projektionswinkel oder Raumwinkel, direkt Schwenken) Darüber hinaus Festlegung der Reihenfolge der Achsen/Winkel
5	_X0	Angabe des Bezugspunktes in X vor dem Schwenken
6	_Y0	Angabe des Bezugspunktes in Y vor dem Schwenken
7	_Z0	Angabe des Bezugspunktes in Z vor dem Schwenken
8	_A	1. Drehung gemäß Parameter _MODE (Drehung um X / Bearbeitungsposition α_0)
9	_B	2. Drehung gemäß Parameter _MODE (Drehung um Y / Drehung um Schwenkachse β)
10	_C	3. Drehung gemäß Parameter _MODE (Drehung um Z / Drehung um Werkzeugachse γ)
11	_X1	Angabe des Bezugspunktes in X nach dem Schwenken
12	_Y1	Angabe des Bezugspunktes in Y nach dem Schwenken
13	_Z1	Angabe des Bezugspunktes in Z nach dem Schwenken
14	_DIR	Abfrage, ob es zu einem Verfahren der Rundachsen kommen soll und dazugehörige Richtungsangabe
15	_FR_I	Inkrementeller Freifahrtweg in WZ-Richtung
16	_DMODE	Auswahl der Bearbeitungsebene

Tabelle 2: Parameter des CYCLE800 [14][15]

Die Unterscheidung, ob es zum Schwenken oder Anstellen/Ausrichten eines Werkzeugs kommt, wird im 3. Parameter (_ST) getroffen, um genau zu sein mit der Veränderung der Hunderterstelle. [14]

- „0“ = es erfolgt keine Veränderung am WZ / Schwenken
- „1“ = das WZ wird angestellt
- „2“ = Ausrichten eines Drehwerkzeugs
- „3“ = Ausrichten eines Fräswerkzeugs

Beim Beispielzyklus im Kapitel 3.1.1.1 – CYCLE800(0,"TISCH",10000,57,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,-1,100,1) – handelt es sich somit um ein Schwenken der Ebene, da an besagter Hunderterstelle die 0 steht. (Farblich hervorgehoben)

Im Programmiermodus ShopMill der Fräs-Dreh-Maschine sind nur die Softkeys der Funktionen „Schwenken“ und „Anstellen Werkzeug“ in der Anwendermaske anwählbar. Das Ausrichten des Werkzeuges kann nur über G-Code-Programmierung ausgeführt werden. [16]

3.1.2.2 Funktion „Schwenken“

Der Schwenkvorgang, beziehungsweise die Programmierung des Schwenkens erfolgt stets unabhängig von der Maschinenkinematik, da die Programmierung anhand des Koordinatensystems mit seinen drei Achsen X, Y, Z erfolgt. [9] Lediglich beim Schwenken „Rundachse direkt“ ist dies nicht so. Die Funktion „Schwenken“ ist, genauso wie „Anstellen Werkzeug“, in allen 5-Achs-Fräsmaschinen nutzbar.

Der Aufbau der Zyklusmaske – im Beispiel in programmGUIDE aufgerufen – ist in der Abbildung 4 zu sehen.

Wichtig bei der Programmierung eines solchen Schwenkvorgangs ist, dass die ursprünglich programmierte Bearbeitungsebene stets beibehalten wird. Ein in der Ebene G17 programmiertes und geschwenktes Werkstück bleibt auch in dieser, selbst wenn durch Verschiebungen und Rotationen – zum Beispiel durch eine Rotation um 90° um die X-Achse – die ursprüngliche Bearbeitungsebene an der gleichen Stelle wie etwa der G18-Ebene (XZ) liegt. [9]

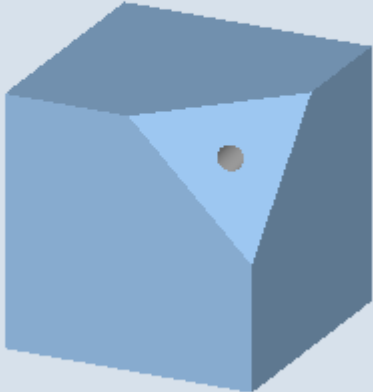
Lokal. Laufw./TEMP:WPD/CYCLE800_VAR		Schwenken Ebene	
		PL	G17 (XY)
		TC	TISCH
		Freifahren	nein
		Schwenken	ja
		Schwenkebene	neu
		X0	0.000
		Y0	0.000
		Z0	0.000
		Schwenkmodus	achsweise
		Achsreihenfolge	X Y Z
		X	0.000 °
		Y	0.000 °
		Z	0.000 °
		X1	0.000
		Y1	0.000
Z1	0.000		
Richtung	+		
Werkzeug	nicht nachführen		

Abbildung 4: Schwenken Ebene

3.1.2.3 Funktion „Anstellen Werkzeug“

Sowohl die Funktion „Anstellen Werkzeug“, als auch „Ausrichten Werkzeug“ werden über einen Schwenkvorgang realisiert. Der Unterschied zu „Schwenken Ebene“ besteht darin, dass es zu keiner Veränderung der aktiven Nullpunktverschiebung kommt. [17]

Über die Funktion „Anstellen Werkzeug“, beziehungsweise „Anstellen Fräswerkzeug“ [18] lässt sich ein Fräswerkzeug in einem bestimmten Winkel zur Bearbeitungsebene anstellen (siehe dazu auch Abbildung 5). Diese Option wird meistens bei der Nutzung von Radenfräsern verwendet, um den Materialabtrag des Werkzeugs zu verbessern.

Die Funktion ist sowohl unter Fräs- als auch unter Drehmaschinen nutzbar. [18]

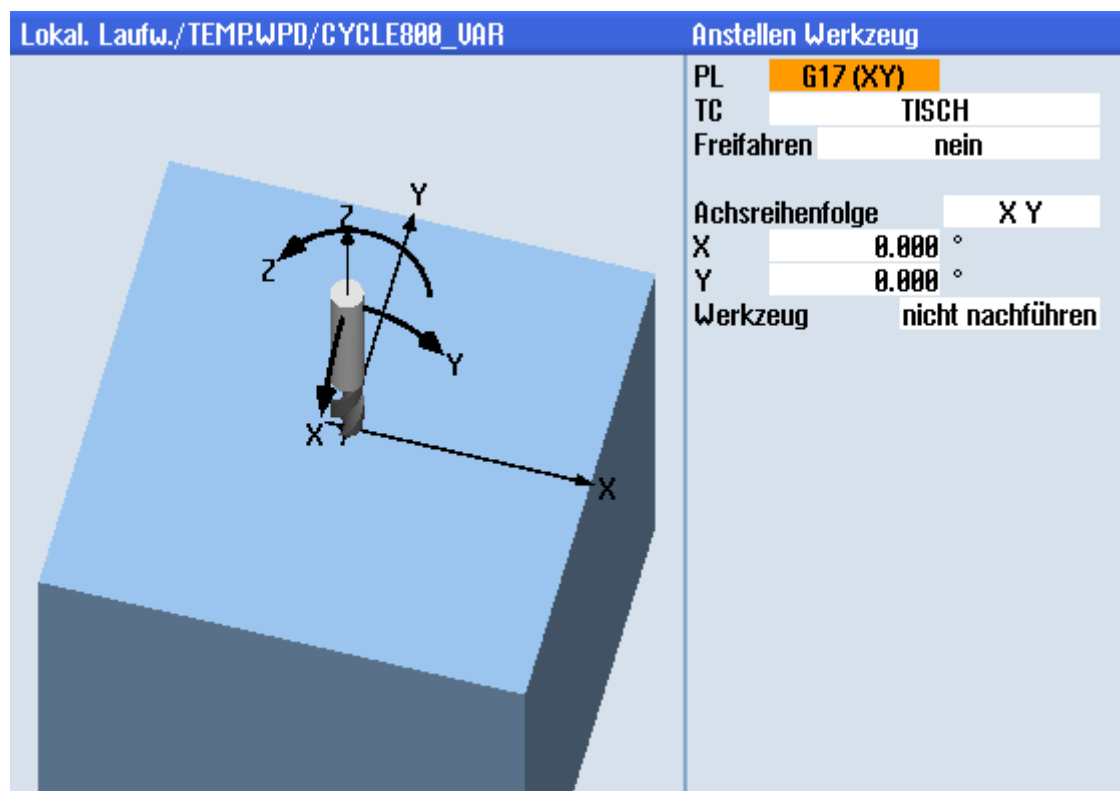


Abbildung 5: Anstellen Fräswerkzeug

3.1.2.4 Funktion „Ausrichten Werkzeug“

Die Funktion „Ausrichten Werkzeug“ ist unterteilt in „Ausrichten Drehwerkzeug“ und „Ausrichten Fräswerkzeug“.

Über die Funktion „Ausrichten Drehwerkzeug“ lassen sich Lage und Orientierung eines Drehwerkzeuges durch Schwenken verändern. [9] Ursprünglich für Drehmaschinen mit B-Achs-Kinematik konzipiert, [18] ist diese Funktion auch für Fräs-Dreh-Maschinen eine wichtige Funktion.

Damit die Fräs-Dreh-Maschine im Bereich der Drehbearbeitung so funktional wie eine reine Drehmaschine sein kann – die Beschränkungen in Bezug auf den Werkstückdurchmesser außen vor gelassen – ist diese Option der Ausrichtung des Werkzeugs im optimalen Winkel zum Werkstück vom großen Nutzen.

Die Abbildung 6, fungierend als ein Beispiel für diese Funktion, zeigt die grafische Oberfläche der Fräs-Dreh-Maschine mit einem schwenkbaren Werkzeugträger. Das Äquivalent einer Drehmaschine orientiert sich hierbei an Abbildung 8.

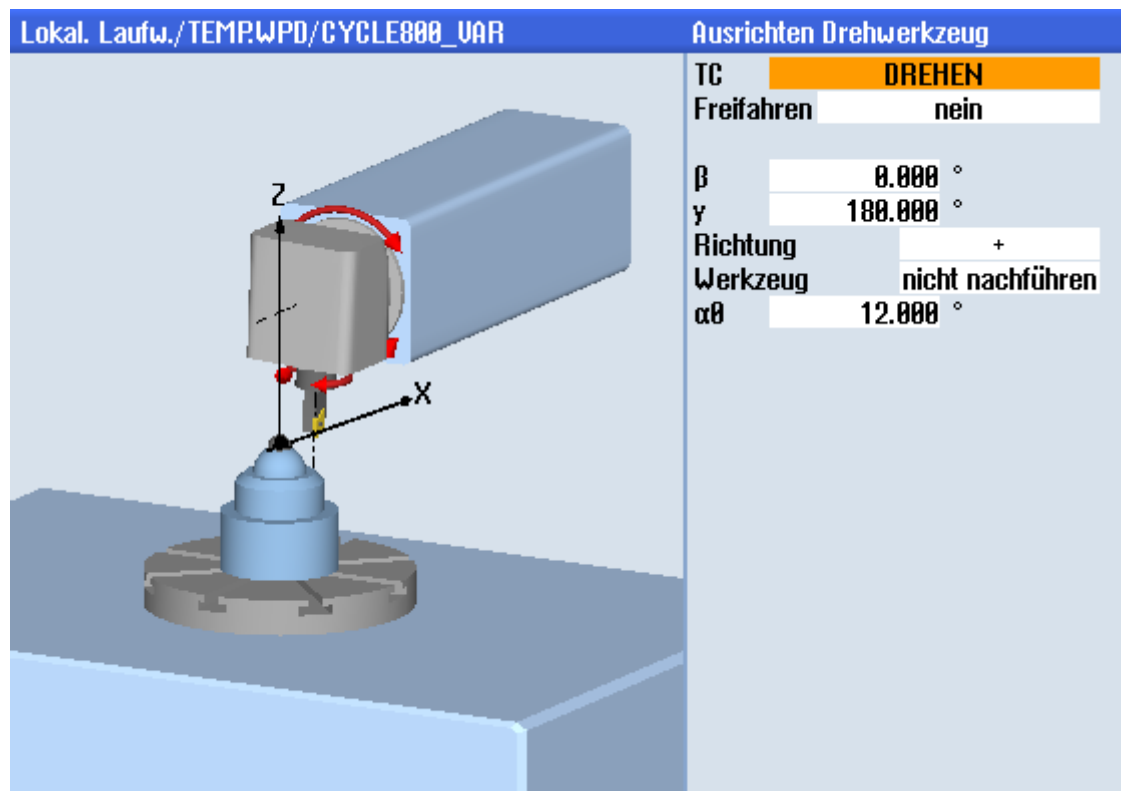


Abbildung 6: Ausrichten Drehwerkzeug

„Ausrichten Fräswerkzeug“, welches auf der Fräs-Dreh-Maschine keine Verwendung findet, wurde ebenfalls für Drehmaschinen mit B-Achs-Kinematik entworfen, um ein Fräswerkzeug in einem beliebigen Winkel (abgesehen von den kinematischen/geometrischen Grenzen) zum Werkstück auszurichten. [18]

Dies wird unter anderem daran deutlich, dass, neben der fehlenden Option in der Eingabemaske der Fräs-Dreh-Maschine, eine manuelle Programmierung des Zyklus wie in Abbildung 7 durchaus möglich ist, der Zyklus hingegen nicht abgearbeitet werden kann. Der manuell eingegebene Zyklus wurde zuvor mit den passenden Parametern in einer Dreh-Maschine mit B-Achs-Kinematik getestet.

CYCLE800(0, "TISCH", 300, 57, , , , 0, , , , -1, 100, 1

Abbildung 7: Manuelle Eingabe des Zyklus

Wie der Abbildung 8 zu entnehmen ist, ist der zuvor programmierte Zyklus aufgrund fehlender Schwenkdatensätze nicht nutzbar, respektive nicht fehlerfrei programmierbar.

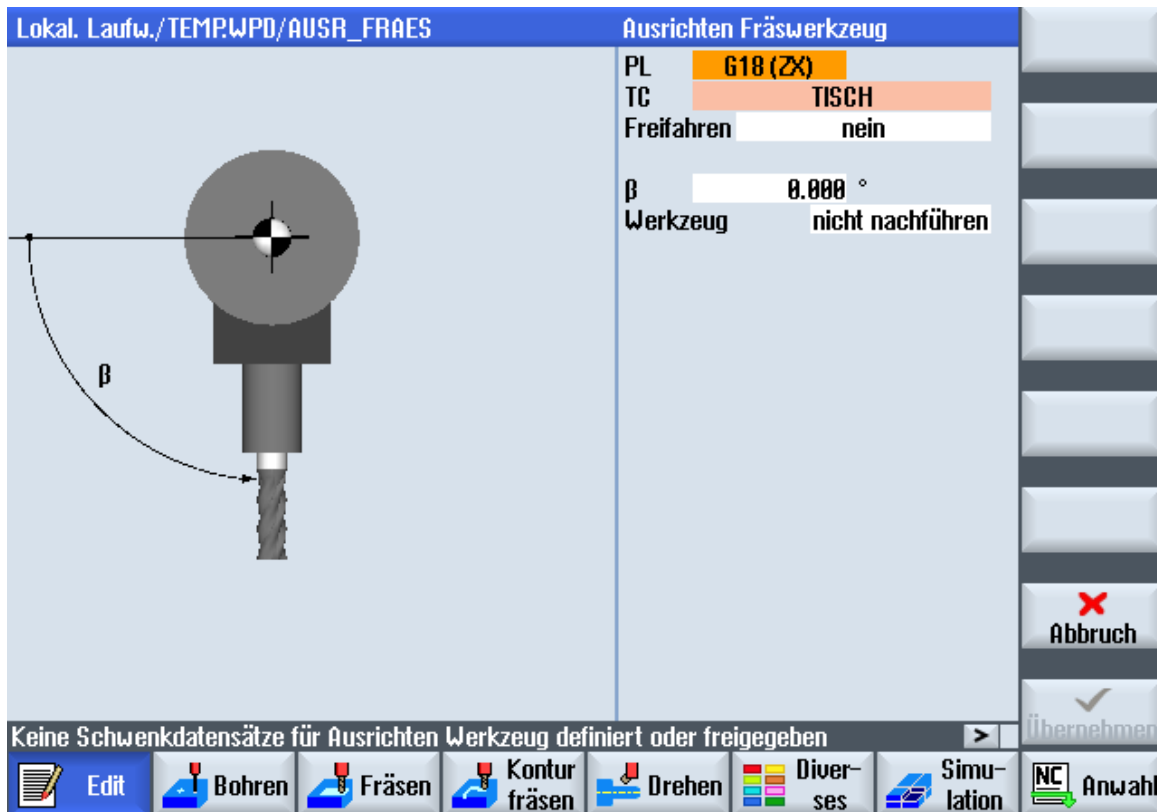


Abbildung 8: Ausrichten Fräs Werkzeug in der Fräs-Dreh-Maschine

3.1.3 CUST_800

Um den CYCLE800 den funktionalen und kinematischen Gegebenheiten einer jeden Maschine anzupassen wird der Anpasszyklus CUST_800 verwendet.

Aufgrund der Vielzahl an möglichen Aufbauten von Mehrachs-Maschinen und den daraus resultierenden unterschiedlichen kinematischen Gegebenheiten muss die Software an die jeweilige Maschinenkinematik angepasst werden. Dies kann der Hersteller, im Falle des Ebenenschwenkens und des Werkzeugschwenkens, über den CUST_800 realisieren. [13]

Der CUST_800 ist ein in der SINUMERIK enthaltener Zyklus, der sowohl innerhalb des CYCLE800 in der G-Code-Programmierung, als auch in den entsprechenden Zyklen für ShopMill/ShopTurn (siehe Abbildung 9) abgerufen wird. So findet er seine Verwendung sowohl beim Ebenen schwenken, als beispielsweise auch beim Schwenken des Werkzeugs. [13][19]

Im Gegensatz zum CYCLE800 wird der CUST_800 nie vom Maschinenbediener programmiert. Er wird stets aus dem CYCLE800 heraus aufgerufen.

Eingabemaske ShopMill/ShopTurn

NC/MCS/CYCLE800/123	
TC	TABEL
T	FACEMILL D 1
Retract	Fixed pt. 1
Swivel	Yes
Swivel plane	New
X0	0.000
Y0	0.000
Z0	0.000
Swivel mode	Axis by axis
Sequence of axes	X Y Z
X	0.000
Y	0.000
Z	0.000
X1	0.000
Y1	0.000
Z1	0.000
Direction	+
Tool	Track

Eingabemaske CYCLE800 G-Code

NC/MCS/CYCLE800/EXAMPLE123	
PL	G17 (XY)
TC	TABEL
Retract	No
Swivel	Yes
Swivel plane	New
X0	0.000
Y0	0.000
Z0	0.000
Swivel mode	Axis by axis
Sequence of axes	X Y Z
X	-15.000
Y	0.000
Z	0.000
X1	0.000
Y1	0.000
Z1	0.000
Direction	+
Tool	Do not track

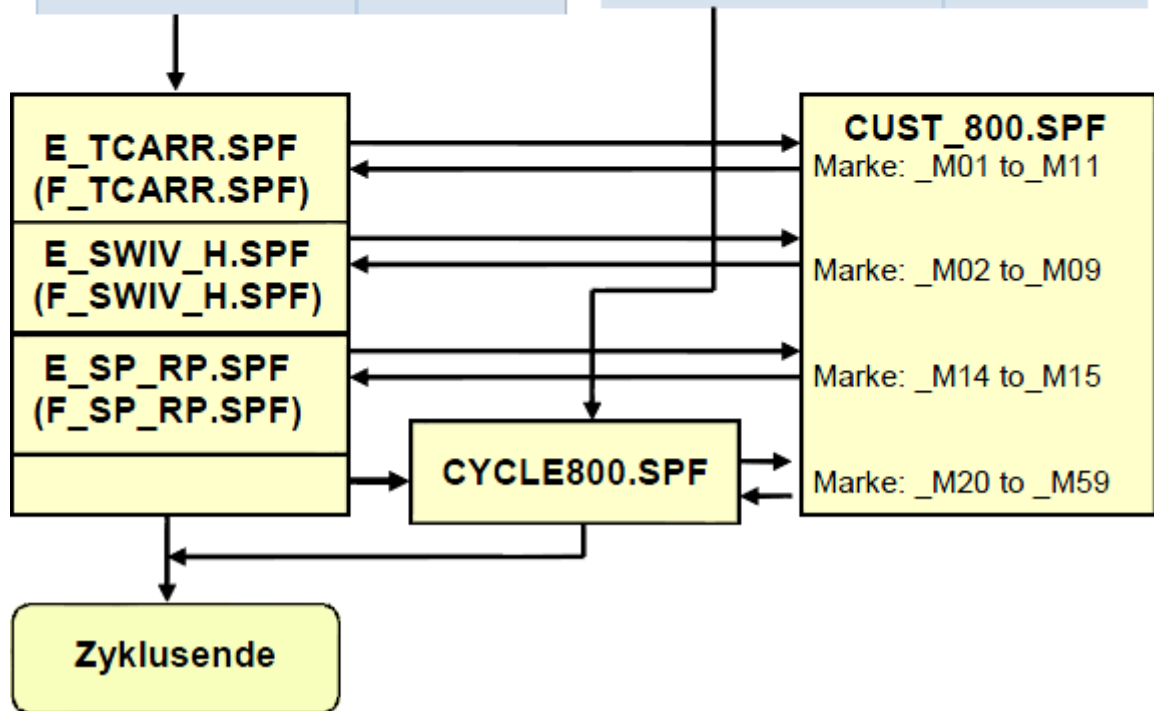


Abbildung 9: Struktur (grob) der Schwenkzyklen [20]

Wie in der oben stehenden Abbildung 9 zu sehen, werden durch die verschiedenen Zyklen hinter den Eingabemasken unterschiedliche, sogenannte Funktionsmarken innerhalb des CUST_800 angesteuert, welche zu Beispiel Funktionen wie das Freifahren in Z regeln. [13]

Durch das Anpassen der CUST_800.SPF-Datei durch den Hersteller oder mitunter auch den Anwender kann das Verhalten, dass bei einer bestimmten Marke von der Maschine erfolgen soll, den Anforderungen des Bedieners angepasst werden.

3.1.3.1 Aufbau des Zyklus

Der CUST_800 wird mit folgender Syntax und folgenden Parametern (in Klammern stehend) geschrieben:

CUST_800 (INT _MODE, INT _TC1, REAL _A1, REAL _A2, INT _TC2, REAL _T_POS)SAVE DISPLOF[13]

Die Funktion der 6 Parameter ist anhand der Tabelle 3 übersichtlich beschrieben.

_MODE	Es werden die Marken _M2 bis _M59 angesprungen
_TC1	Nummer des Schwenkkopfes/-tisches
_A1	Winkel Rundachse 1
_A2	Winkel Rundachse 2
_TC2	Vorschubbewertung in Prozent (%) bei Schwenken in JOG und Nummer des neuen Schwenkkopfes/-tisches beim Tauschen unter ShopMill
_T_POS	Inkrementelle Position bei Freifahren in Werkzeugrichtung inkrementell (siehe Marke _M44, _M45)

Tabelle 3: Parameter des Herstellerzyklus CUST_800.SPF [13]

Einen entsprechend neueren SINUMERIK Softwarestand (ab Version 4.4) vorausgesetzt, können weitere Funktionsmarken (_M70, _M71) mittels _MODE angesprungen werden.

3.1.3.2 Funktionsmarken des CUST_800

Wie der Abbildung 9 entnommen werden kann, springen die Zyklen, die den CUST_800 anwählen, nur bestimmte Funktionsmarken an. Entgegen jener Abbildung und gemäß Tabelle 4 ist die Funktionsmarke _M01 oder auch _M1 nicht im CUST_800 enthalten.

Die genaue Zuordnung, welche Marke im G-Code-Programm und welche unter Shop-Mill/ShopTurn aufgerufen werden kann, ist im Zyklus selbst geregelt. Der Übersichtshalber sind diese in der Tabelle 4 aufgelistet.

```
; _MODE : Mode:
; ShopMill 2 = Change magazine tool
; ShopMill 3 = Change hand tool
; ShopMill 4 = Change new swivel head automatically
; ShopMill 5 = Change new swivel head manually
; ShopMill 6 = Change old swivel head automatically
; ShopMill 7 = Change old swivel head manually
; ShopMill 8 = Change swivel heads automatically
; ShopMill 9 = Change swivel heads manually
; ShopMill 10 = Angle adapted to angle grid
; ShopMill 11 = Initialize angles at program start
```



```

; ShopMill 12 = Swivel after tool change (AUTO)
; ShopMill 13 = Swivel after tool change (JOG)
; ShopMill 14 = Retract after swivel
; ShopMill 15 = Retract after block search
;      16 = Change old swivel in JOG
;      20 = Swivel Round axes 1,2 automatic. Tracking with TRAORI(1)
;      21 = Swivel Round axis 1 manual, Round axis 2 automatic swivel. Tracking
;            with TRAORI(1)
;      22 = Swivel Round axis 1 automatic. Tracking with TRAORI(1)
;      23 = Swivel Round axis 1 manual
;      30 = Swivel Round axis 1 automatic, Round axis 2 manual . Tracking with
;            TRAORI(1)
;      31 = Swivel Round axes 1,2 manual
;      35 = Block search Round axis 1 and/or Round axis 2 manual
;      40 = User Init
;      41 = axis Z MCS-Fixpoint
;      42 = axis Z and after axes XY MCS-Fixpoint
;      44 = Tool direction retract maximal
;      45 = Tool direction retract incrementel
; ShopMill 46 = Tool retract modal after block search
;      57,58,59 = JOG Swivel + TRAORI (Area G17,G18,G19)
;      70 = Align tool: Initialization
;      71 = Align tool: Swivel round axis

```

Tabelle 4: Funktionsmarken im CUST_800 und ihre Bedeutung [21]

Wie der Tabelle entnommen werden kann, sind die Marken _M2 bis _M15, sowie _M46 rein für die Arbeit mit ShopMill/ShopTurn, beziehungsweise den dort aktiven Zyklen (siehe Abbildung 9) gedacht.

Im Folgenden wird etwas genauer auf einzelne Funktionsmarken in der Tabelle 5 eingegangen.

Marke(n)	Aufgabe
_M2 bis _M13	Die hier aufgelisteten Marken sind für den Wechsel des Schwenkdatensatzes/Schwenkkopfs (_M2 bis _M9), der Winkelausrichtung (_M10 und _M11) sowie den Schwenken nach dem Werkzeugwechsel (_M12 und _M13) verantwortlich. Sie regeln dabei unter anderem die Freifahrt der Linearachsen nach diesen Vorgängen.
_M14 und _M15	Die Marken sind für das Freifahren auf die Rückzugsebene beim Fräsen zuständig um sicherzustellen, dass die geschwenkte Rückzugsebene nicht an/hinter einer Endlage positioniert ist.
_M16	Mittels der Marke _M16 kann eingestellt werden, dass bei einem Schwenkdatensatzwechsel oder bei der Abwahl eines Schwenkda-

	tensatzes die Rundachsen in ihre Nullstellung gefahren werden.
_M20 bis _M31	Der Vorgang der Schwenkbewegung wird über die Marken _M20 bis _M31 geregelt. Je nach gegebener Kinematik und der Einstellungen zu manuellem oder automatischem Schwenken wird einer der Funktionsmarken angesprungen.
_M35	Ist ein Schwenkdatensatz mit manueller/manuellen Rundachse/n, sowie der Satzsuchlauf aktiv, wird _M35 ausgewählt.
_M40	Bei speziellen Kinematiken (zum Beispiel bei einem Bohrwerk) können über _M40 die Vektoren des Schwenkdatensatzes jeweilig berechnet, beziehungsweise umgestellt werden. Die Marke _M40 wird vor dem Aktivieren der Toolcarrier (siehe hierzu auch weitere Erläuterungen im Praktikumsbericht) aufgerufen.
_M41 bis _M45	Über die Auswahl der Marken _M41 bis _M45 wird festgelegt, welche Freifahrstrategie verwendet wird, bevor die Rundachsen geschwenkt werden.
_M46	Ist ein Freifahren vor dem Schwenken, bei einem zuvor durchgeführten Satzsuchlauf gewünscht, so wird dies über _M46 realisiert. Die Funktion steht nicht in der Programmierung über G-Code zur Verfügung.
_M57 bis _M59	Sollte eine aktive 5-Achstransformation (TRAORI) vorliegen und der Anwender sich im Modus „JOG“ befinden, wird, je nach Bearbeitungsebene, eine der Marken _M57 bis _M59 angesprungen.
_M70 und _M71	Kommt es zu einem Ausrichten des (Dreh-)Werkzeugs über den CYCLE800, so wird über die Funktionsmarke _M70 die Tischspindel als Master (Haupt-)Spindel gesetzt und die Bemaßung in der Ebene auf Durchmesser gestellt. _M71 regelt das Schwenken der Rundachsen nachdem die Masterspindel umgestellt wurde.

Tabelle 5: Aufgaben der Funktionsmarken [13]

3.1.3.3 Ablauf und Aufruf des CUST_800

Um etwas genauer auf Ablauf der vorangegangenen Zyklen, sowie den Aufruf des CUST_800 innerhalb dieser einzugehen, folgt das Struktogramm für den CYCLE800 mit Abbildung 10 und das Struktogramm für die ShopMill/ShopTurn-Zyklen mit Abbildung 11.

Wie im erstgenannten Struktogramm zu sehen ist, wird nach dem Aufruf des CYCLE800 und nach Überprüfung der eingegebenen Parameter der gültige Schwenkdatensatz berechnet. Sollte dies fehlschlagen, wird der Zyklus beendet, andernfalls wird über die Marke _M40 der Toolcarrier-Satz aktiviert und eingebunden.

Anschließend wird das Freifahren der Werkzeugachse abgefragt. Soll dies geschehen, wird, entsprechend der eingegebenen Parameter eine der Marken _M41 bis _M45 angesprungen und anschließend mit dem nächsten Schritt fortgefahren.

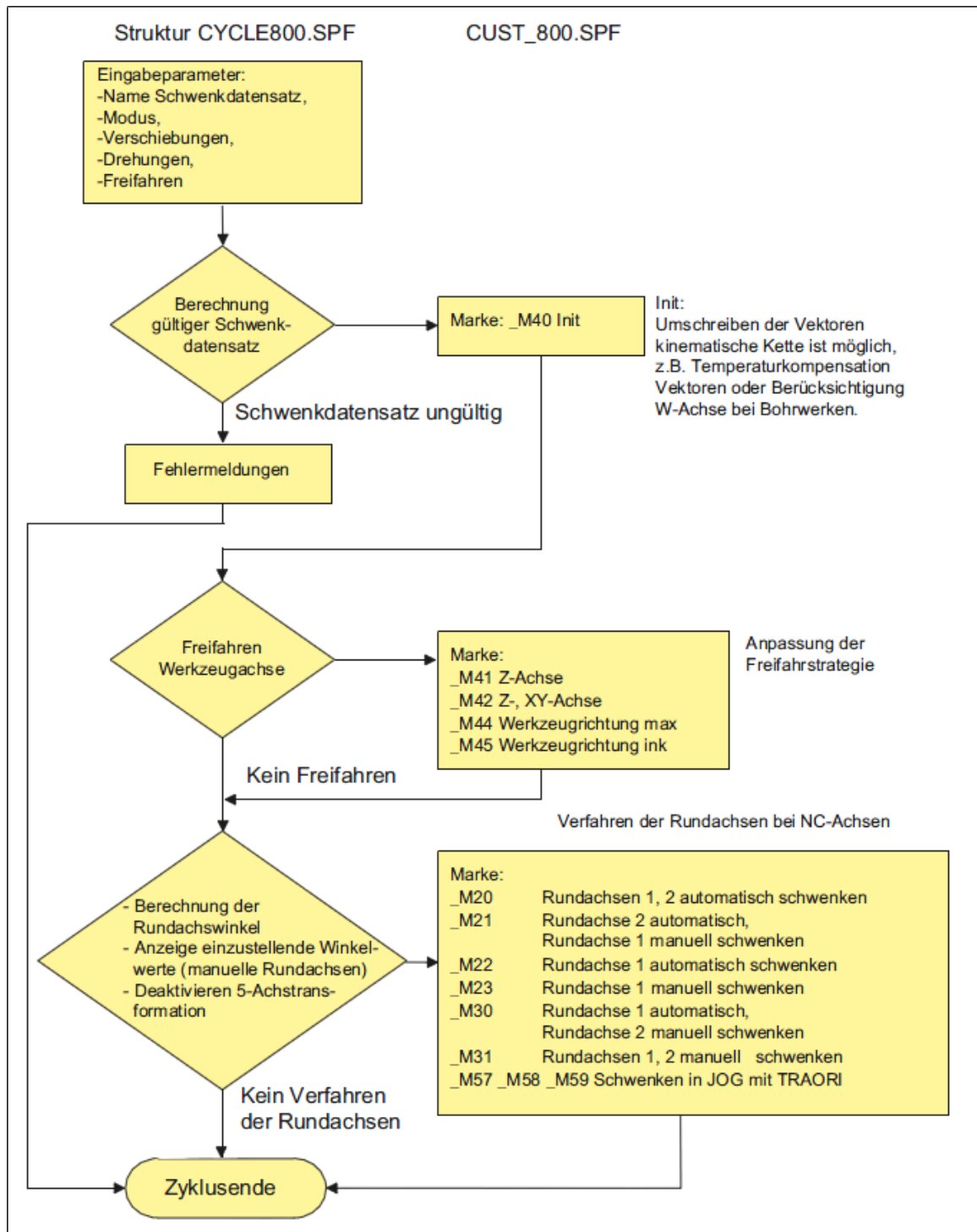


Abbildung 10: Struktur: CYCLE800.SPF / CUST_800.SPF [13]

Als letztes werden die für den Schwenkvorgang benötigten Rundachswinkel berechnet und gegebenenfalls eingeschaltete 5-Achstransformationen deaktiviert. Je nach Maschinenaufbau, 5-Achstransformationen und den aktuellen Positionen der Rundachsen werden die Funktionsmarken _M20 bis _M59 aufgerufen um anschließend den CYCLE800 zu beenden.

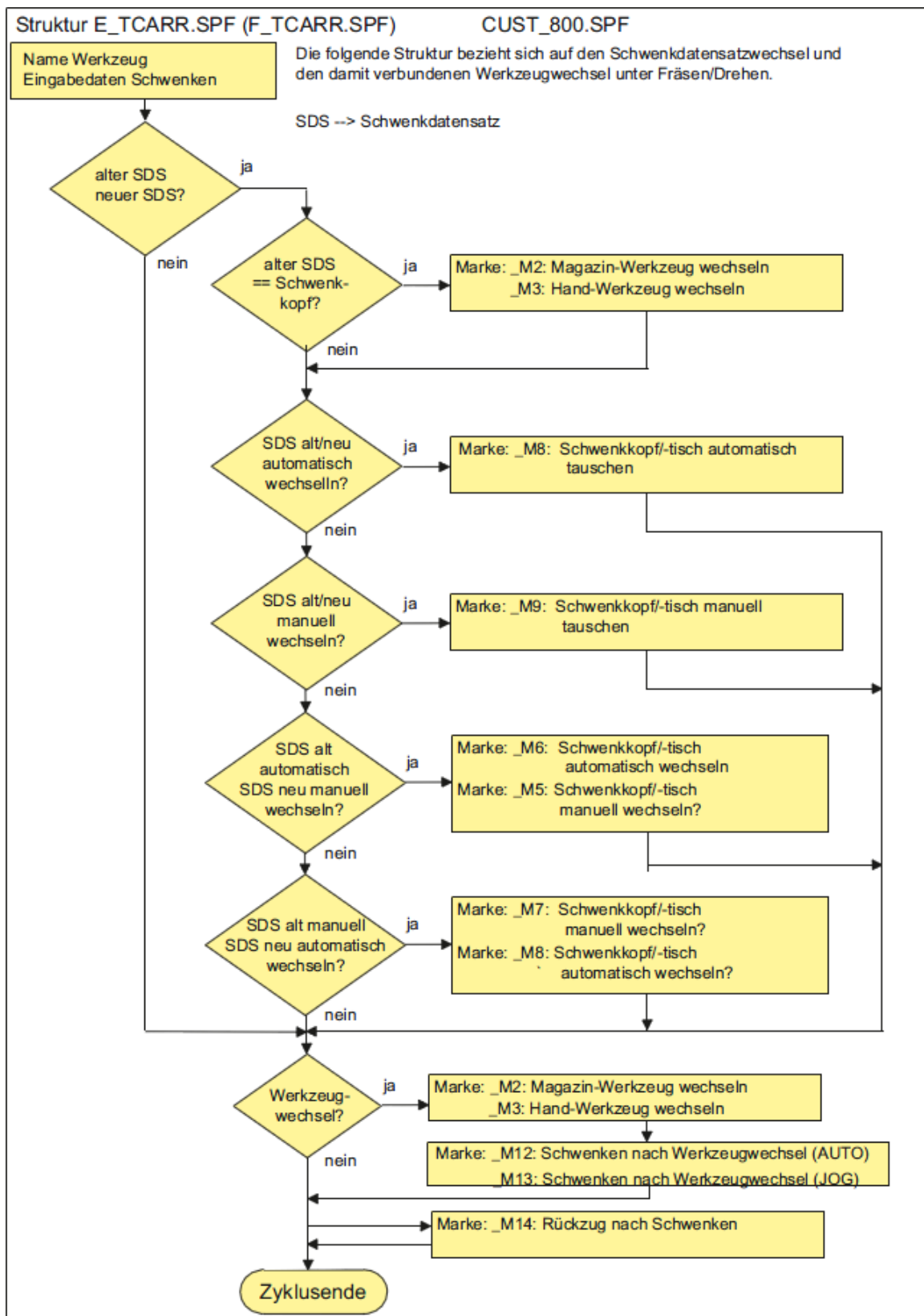


Abbildung 11: Struktur: E_TCARR.SPF (F_TCARR.SPF) / CUST_800.SPF [13]

Beim Aufruf des ShopMill -Zyklus E_TCARR beziehungsweise ShopTurn-Zyklus F_TCARR wird in Abbildung 11 der Schwenkdatensatzwechsel inklusive Werkzeugwechsel und die enthaltene Implementierung/Nutzung des CUST_800 verdeutlicht.

Auch hier kommt es zu Beginn zu einer Überprüfung der eingegebenen Parameter in die Eingabemaske.

Anschließend wird in den ShopMill/ShopTurn-Zyklen überprüft, ob ein alter und ein neuer Schwenkdatensatz vorhanden sind. Sollte dem nicht so sein, kommt es direkt zur Abfrage des Werkzeugwechsels.

Im Falle eines identischen Schwenkdatensatzes wird dieser daraufhin überprüft, ob es sich hierbei um einen Schwenkkopf-Datensatz handelt, bei welchem anschließend die Marken _M2 oder _M3 von Bedeutung sind.

Danach wird in mehreren Schritten ermittelt, wie der Wechsel zwischen altem und neuem SDS ablaufen soll (automatisch über _M8 oder manuell mittels der Marke _M9), beziehungsweise ob dies bei altem und neuem SDS unterschiedlich geschehen soll, wozu die Funktionsmarken _M6 bis _M8 genutzt werden können.

Anschließend kommt es zur Abfrage in E_TCARR / F_TCARR, ob ein Werkzeugwechsel stattfindet oder das gegenwärtig aktive Werkzeug dem einzuwechselnden entspricht. Im ersten Fall wird nach manueller, respektive automatischer Werkzeugwechsel über _M2 (automatisch) beziehungsweise _M3 (manuell) der nach dem WZW zu vollziehende Schwenkvorgang in AUTO- (_M12) oder JOG-Betrieb (_M13) abgearbeitet.

Abschließend wird optional ein Rückzug nach dem Schwenken (_M14) vollzogen, ehe das Zyklusende erreicht ist.

3.1.4 KINEMATISCHE_KETTE

Die Kinematische Kette soll ein fester Bestandteil zukünftiger SINUMERIK-Versionen werden und die Grundlage jeglicher Transformation bilden. Da sie zurzeit nicht in den NCK integriert ist, wird die Kinematische Kette als Zyklus ausgeführt und aufgerufen und somit auch in diesem Kapitel näher beleuchtet, auch wenn es sich – streng genommen – nicht um einen Zyklus handeln soll.

Über die kinematische Kette wird der geometrische Aufbau des Arbeitsraumes, beziehungsweise die Kinematik von Werkzeug/Werkzeugaufnahme und Arbeitsbereich/Arbeitstisch beschrieben. Im Falle der Fräs-Dreh-Maschine, welche eine Tischkinematik hat (siehe auch Abbildung 3), werden mit Hilfe von drei Vektoren kinematische Zusammenhänge zwischen den jeweiligen Rundachsen und Bezugspunkten innerhalb der Maschine hergestellt (siehe Abbildung 12).

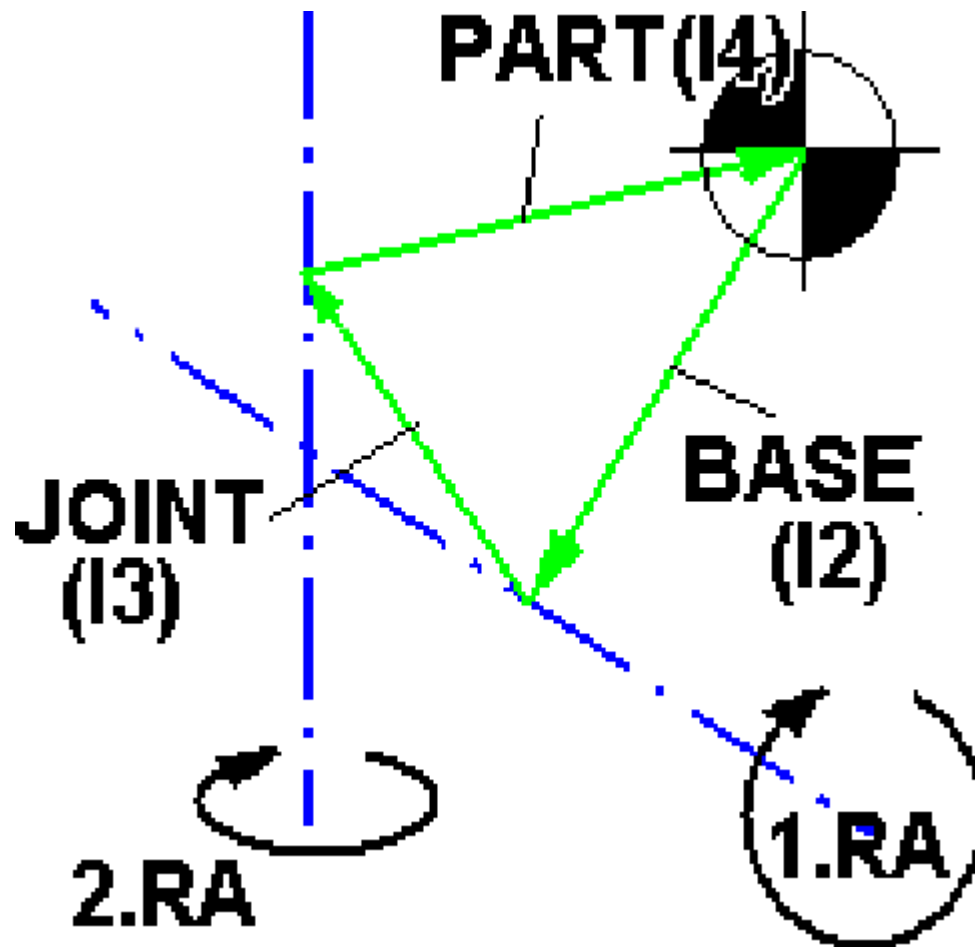


Abbildung 12: Vektoren innerhalb einer Tischkinematik [22]

Der Kinematiktyp wird in der Toolcarrier-Variable \$TC_CARR23 mit „P“ beschrieben. [23]

Wie in obiger Abbildung 12 zu sehen, besteht eine Tischkinematik aus zwei Rundachsen am Tisch und aus drei Vektoren. Der Vektor I2 zeigt vom Referenzpunkt R zum Rotationspunkt der Rotationsachse 1. Vektor I3 geht vom Rotationspunkt der Rotationsachse 1 zum Rotationspunkt der 2. Rotationsachse. Der Vektor I4 schließt die Vektorkette. [$I4 = -(I2 + I3)$] Vektor I2 und I3 sind so genannte TRAFO-Vektoren, sie werden beim Schwenken und der 5-Achsbearbeitung genutzt.

Aufgebaut ist die kinematische Kette stets aus realen Vektoren, Längen und Winkeln. [26] Sie ist so konstruiert, dass die verschiedenen Elemente aufeinander aufgebaut sind, es existiert somit eine kinematische Abhängigkeit unter den Vektoren/Ebenen. Kommt es zum Beispiel zu einer Bewegung von Vektor I2, so verändert sich automatisch Vektor I3, da dieser in einer Abhängigkeit zu I2 ist. Vektor I4 wird, je nachdem wohin Vektor I3 zeigt, ebenfalls verändert, hebt in der Summe jedoch immer I2 und I3 auf.

Der Zyklus „KINEMATISCHE_KETTE“ ist in vier Bereiche aufgeteilt. Zu Beginn werden die Parameter der kinematischen Kette definiert. Die Integer _COUNT1 und _COUNT2

werden als Zähler, beziehungsweise Indizes für die verschiedenen kinematischen Ketten (WZ-Kette, Tischkette) (_COUNT1), sowie die Elemente der einzelnen kinematischen Ketten (Vektor-, Rotationsnamen) (_COUNT2) verwendet.

Als nächstes wird die so genannte Werkzeugkette beschrieben, bei welcher die verschiedenen geometrischen Parameter der Werkzeugaufnahme und der Spindel definiert sind. Der Grunddrehwinkel, welcher für Drehwerkzeuge relevant ist, wird ebenfalls definiert.

Im darauffolgenden Abschnitt wird die Tischkette definiert. Mit Hilfe von Toolcarrier-Daten werden die Vektoren I2 (\$TC_CARR4 bis \$TC_CARR6), I3 (\$TC_CARR15 bis \$TC_CARR17) und I4 (\$TC_CARR18 bis \$TC_CARR20), sowie die Rundachsen RA1 (\$TC_CARR7 bis \$TC_CARR9) und RA2 (\$TC_CARR20 bis \$TC_CARR12) beschrieben. [24][25]

Abschließend wird noch ein Datensatz für die B-Achs-Bearbeitung, also die Transformation für Drehbearbeitungen festgelegt, um mit beliebig (sofern die Kinematik es zulässt) angestelltem Werkzeug die Außen- und Innenflächen drehend zu bearbeiten.

Auch wenn die kinematische Kette zurzeit noch auf Toolcarrier.-Daten zugreifen muss, um die benötigte Kinematik zu erhalten [27], so soll die Kette bei Implementierung in die Steuerung sowohl Toolcarrier, als auch alle anderen Transformationsdaten ablösen

Neben der Vereinigung von verschiedensten Transformationstypen, wie Toolcarrier oder TRAFO-Daten und dem damit verbunden Verschmelzen von statischen und dynamischen Transformierungen, bildet die kinematische Kette die Grundlage für eine Drehbearbeitung in der Fräs-Dreh-Maschine, beziehungsweise wird die Basis für Multitasking-Maschinen. Der aktuelle Softwarestand der SINUMERIK enthält keine Funktion, die es ohne Probleme ermöglicht, ein Verfahrenswechsel in der Maschine einfach durchzuführen, was mit der kinematischen Kette passe ist.

3.1.5 Drehzyklen

Über den Softkey „Drehen“ können die in der Tabelle 6 links stehenden folgende Drehbearbeitungszyklen programmiert werden. Mittels des Softkeys „Kontur drehen“ sind weitere Bearbeitungsoptionen (rechts stehend) ausführbar (siehe auch Abbildung 13).

<ul style="list-style-type: none"> • Abspannen – CYCLE951 • Einstich – CYCLE930 • Freistich – CYCLE940 • Gewinde – CYCLE99 • Gewindekette – CYCLE98 (im Softkey „Gewinde“ enthalten) • Abstich – CYCLE92 	<ul style="list-style-type: none"> • Konturaufruf – CYCLE62 • Kontur drehen: Abspannen – CYCLE952 • Kontur drehen: Abspannen Rest – CYCLE952 • Kontur drehen: Stechen – CYCLE952
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Kontur drehen: Stechen Rest – CYCLE952 • Kontur drehen: Stechdrehen – CYCLE952 • Kontur drehen: Stechdrehen Rest – CYCLE952
--	---

Tabelle 6: Die verschiedenen Drehbearbeitungsoptionen

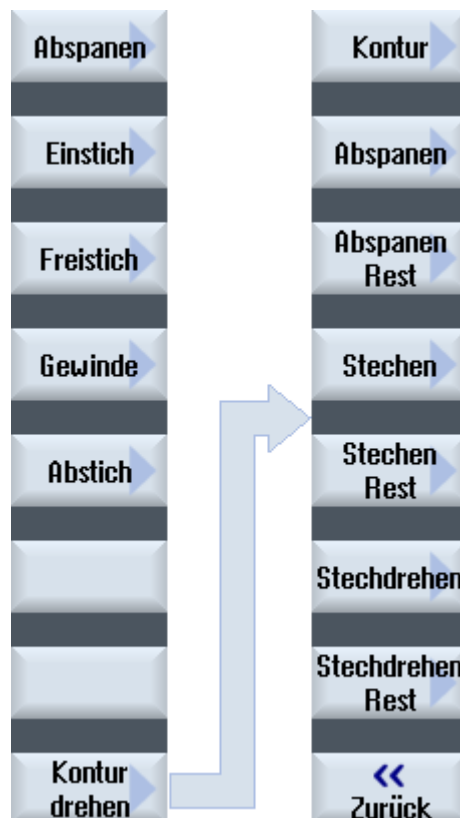


Abbildung 13: VSL im Bearbeitungsbereich „Drehen“

Wie man sehen kann, handelt es sich um die gleichen Bearbeitungszyklen, die zum Beispiel auch in einer virtuellen Drehmaschine existieren. Der Aufbau der Zyklen ist in der Fräs-Dreh-Maschine von daher wie auf einer Drehmaschine, eine Unterscheidung ist (mitunter) in der Ausrichtung des Werkstücks gegeben, da dies von der Maschinenkinematik abhängig ist.

3.1.5.1 Abspannen (CYCLE951) und Einstich (CYCLE930)

Der Zyklus Abspannen dient dazu, eine Plan- oder Längsbearbeitung an einer Außen- oder Innenkontur durchzuführen. Es können die Bearbeitungsmethoden „Schruppen“ oder „Schlichten“ gewählt werden. [28] Der Abspannzyklus ist in drei Varianten unterteilt. Beim Bearbeiten von „Abspannen 1“ werden lediglich gerade Schnitte gefahren. „Abspannen 2“ erlaubt das Drehen von Radien und Fasen an Kanten und Übergängen. Mit „Ab-

spanen 3“ können zudem schräge Flächen erzeugt werden. Einen bildlichen Vergleich der Varianten ist in Abbildung 14 gegeben.



Abbildung 14: Softkeys von Abspannen 1, 2 und 3 (von links nach rechts) [28]

Der Einstichzyklus ermöglicht das Fertigen von Einstichen in verschiedenen Formen an geraden Flächen. Auch bei diesem Zyklus ist eine Abstufung in 3 Varianten gegeben, wie man in Abbildung 15 sehen kann. Die Variante 2 wird durch das ergänzen von Radien und Fasen gekennzeichnet, während bei der 3. Variante der Einstich auch an schrägen Außen-/Innenkonturen programmierbar ist. [29]



Abbildung 15: Softkeys von Einstechen 1, 2 und 3 (von links nach rechts) [29]

3.1.5.2 Freistich (CYCLE940) und Abstich (CYCLE92)

Die Freistichfunktion wird unterteilt nach ihrer Form: Freistich Form E und F, sowie Freistich Gewinde. Neben Schrubb- und Schlichtbearbeitung ist eine kombinierte Schrubb-Schlicht-Bearbeitung auswählbar. [30][31] Wichtig bei dieser Bearbeitung ist, dass das Werkzeug, beziehungsweise die Schneidenposition für den Freistich geeignet ist.

Um ein Werkstück nach seiner Bearbeitung an einer vorgesehenen Stelle abzusteichen wird der CYCLE92 verwendet. Bei der Programmierung ist die Besonderheit, dass ab einem bestimmten Punkt X1 eine Drehzahlreduzierung programmiert wird, um das Werkstück bei vollständiger Abtrennung nicht aufgrund des hohen Drehmomentes durch den Arbeitsraum zu katapultieren und somit Beschädigungen zu vermeiden. [32]

3.1.5.3 Gewinde (CYCLE99) und Gewindekette (CYCLE98)

Um verschiedenste Gewinde innen oder außen zu fertigen ist der CYCLE99 notwendig, beziehungsweise der CYCLE98 für das Anfertigen einer Gewindekette. Zu beachten ist hierbei, neben dem hohen Vorschub und einer nicht zu großen Schnitttiefe, dass das Werkzeug die gewünschte Steigung aufweist, beziehungsweise fertigen kann. Im Vergleich zum Gewinde-Zyklus können beim Fertigen einer Gewindekette mehrere Gewinde aneinander gereiht werden, mitsamt variabler Gewindesteigung und Rohteilform. [33][34]

3.1.5.4 Kontur drehen

Wichtig vor einem jeden Konturdrehen mit CYCLE952 ist, dass mindestens einmal ein Konturaufruf mit CYCLE62 stattgefunden hat, bevor die Kontur gedreht wird. Diese Kontur stellt die Fertigteilkontur dar. Ein weiterer Konturaufruf über CYCLE62 stellt die Außenkontur/Restkontur dar. [35]

Die Funktionen Abspannen, Abspannen Rest, Stechen, Stechen Rest, Stechdrehen, Stechdrehen Rest – allesamt CYCLE952 – unterscheiden sich in ihrem grundsätzlichen Aufbau nicht von den zuvor erläuterten Zyklen. Zu beachten ist, dass bei den Restbearbeitungen stets zwei Konturrufe/Konturen von Nöten sind, während die Bearbeitung bei den anderen Zyklen auch mit einer Kontur realisierbar ist.

3.2 Maschinendaten

Neben den Zyklen spielen vor allem die verschiedenen Maschinendaten in einer SINUMERIK-Steuerung eine wichtige Rolle. Von daher soll dieser Themenbereich folgend näher erläutert werden.

Auf einzelne MD-Anpassungen wird noch im Abschnitt 4.3 eingegangen.

3.2.1 Was sind Maschinendaten?

Wie der Name bereits andeutet, handelt es sich bei Maschinendaten um Werte und Daten, die für grundlegende Funktionen und allgemeine Vorgänge der (SINUMERIK)-Maschine von Nöten sind.

Sie bilden eine physiologische Basis einer jeden SINUMERIK-Maschine, da in ihr alle relevanten, auf der Kinematik der jeweiligen Maschine aufbauenden Daten enthalten sind und verwaltet werden.

Festlegungen wie die maximale Vorschubgeschwindigkeit [36], aber auch der Pfad des Werkzeugwechselprogramms [MD 10716][37], die Festlegung des Maßsystems [MD 10240][38] oder Einstellungen des Displayschoners [MD 9006][39] werden mittels Maschinendaten geregelt und stellen nur einen kleinen Teil der möglichen Anwendungsgebiete dar.

Da diese Daten – die entsprechenden Berechtigungen vorausgesetzt – verändert werden können, ist eine Veränderung jener stets mit Vorsicht und Sorgfalt verbunden. In einer virtuellen Umgebung kann ein fehlerhafter Eintrag zum Versagen der (virtuellen) Maschine führen, an einer echten Maschine sind mitunter Menschenleben gefährdet. [40]

3.2.2 Aufbau und Struktur von Maschinendaten

Die Maschinendaten sind in 7 Bereiche aufgeteilt [40]:

- Allgemeine Maschinendaten (\$MN)
- Kanalspezifische Maschinendaten (\$MC)
- Achsspezifische Maschinendaten (\$MA)
- Anzeige-Maschinendaten (\$MM)

- Antriebsspezifische Maschinendaten (\$M_)
- Control Unit-Maschinendaten: Antriebsparameter (solution line)
- Einspeisungs-Maschinendaten: Antriebsparameter (solution line)

Bei Aufruf des jeweiligen Bereiches, wie in Abbildung 16 zu sehen ist, wird für den gewählten Bereich eine Liste mit allen enthaltenen Maschinendaten gegeben, welche überprüft und geändert werden können.

Allgemeine Maschinendaten				
10000[0]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	XM1		po
10000[1]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	YM1		po
10000[2]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	ZM1		po
10000[3]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	AM1		po
10000[4]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	CM1		po
10000[5]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	CS1		po
10000[6]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB			po
10000[7]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB			po
10000[8]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB			po
10000[9]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	UT1		po
10000[10]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB			po
10000[11]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	YM2		po
10000[12]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB			po
10000[13]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB			po
10000[14]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB			po
10000[15]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB			po
10000[16]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB			po
10000[17]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB			po
Maschinenachsname				
<div> <div>^</div> <div>Allgemeine MD</div> <div>Kanal-MD</div> <div>Achs-MD</div> <div>Anwender-sichten</div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>				

MD wirksam setzen (cf)

Reset (po)

Suchen

Anzeigeoptionen

Abbildung 16: Bereich „Maschinendaten“ in der Inbetriebnahme

Die Liste ist hierbei in fünf Spalten unterteilt [40]:

- Maschinendatennummer
- Maschinendatenname, evtl. mit Feldindex
- Wert des Maschinendatums
- Einheit des Maschinendatums (physikalische Einheit)
- Wirksamkeit

Je nach Wirksamkeit eines Maschinedatums ist ein geändertes MD unmittelbar, erst nach manueller Aktivierung, nach einem Einschalten der NC-Energiezufuhr oder nach dem Neustart der Steuerung gültig. [40]

3.2.3 Wichtige Maschinendaten

3.2.3.1 MD 10715[n]

Das Maschinendatum 10715[n] (\$MN_M_NO_FCT_CYCLE) dient dazu, eine bestimmten M-Funktion durch einen Zyklus zu ersetzen.

Um die Möglichkeit zu bieten, verschiedene M-Funktionen zu ersetzen, ist dieses MD mit einem Index versehen.

Im Eintrag 10715[0] ist im Auslieferungszustand der Eintrag „6“ eingetragen, was bedeutet, dass die Funktion M6 (Werkzeugwechsel) durch einen Zyklus ersetzt werden soll.

3.2.3.2 MD 10716[n]

Das Maschinendatum 10716[n] (\$MN_M_NO_FCT_CYCLE_NAME) baut auf dem MD 10715[n] auf.

Wie zuvor geschrieben, wird im MD 10715[n] festgelegt, welche M-Funktion durch einen Zyklus ersetzt werden soll. Das MD 10716[n] baut darauf auf und gibt an, welcher Zyklus anstelle der zuvor gesetzten M-Funktion ausgeführt werden soll.

Im Falle einer Standard-SINUMERIK-Maschine, bei welcher der MD 10715[0] den Wert 6 hat, wird über den Eintrag „L6“ im MD 10716[0] für jeden im Programm aufgerufenen Werkzeugwechsel der Zyklus L6.SPF ausgeführt.

3.2.3.3 MD 20270

Über das Maschinendatum 20270 (\$MC_CUTTING_EDGE_DEFAULT) wird die Grundstellung der Werkzeugschneide festgelegt, sollte keine Werkzeugschneide programmiert worden sein.

Der Defaultwert in diesem MD ist „0“, sodass bei einem Programm ein Werkzeug, das ohne Schneide aufgerufen wird, automatisch „D0“ aktiv ist.

4 Tätigkeit

Um einen Einblick in die verschiedenen Arbeiten an und mit SinuTrain während meiner praktischen Tätigkeit zu bekommen gehe ich nun auf die wesentlichen Punkte ein, die bei der Erstellung einer eigenen Fräs-Dreh-Maschine von Nöten waren.

4.1 Anpassen von SinuTrain

Aufgrund dessen, dass in SinuTrain noch keine Multitasking-Maschine werksseitig eingestellt ist, sind gewisse Funktionen und Bearbeitungsoptionen entweder nur für Fräsmaschinen oder nur für Drehmaschinen gegeben.

Da die zu erstellende Fräs-Dreh-Maschine nur als Fräsmaschine in der Software gekennzeichnet ist, bedarf es einer Anpassung von SinuTrain, damit alle notwendigen Werkzeuge und Funktionen bereitgestellt werden.

4.1.1 Erweitern der Werkzeugliste um Drehwerkzeuge

Neues Werkzeug – Favoriten			Favoriten
Typ	Bezeichner	Werkzeuglage	
120	Schaftfräser		Fräser 100–199
140	Planfräser		
200	Spiralbohrer		Bohrer 200–299
220	Zentrierer		
240	Gewindebohrer		
710	3D-Meßtaster Fräsen		
711	Kantentaster		
110	Kugelpopf zylindr.		
111	Kugelpopf kegelig		
121	Schaftfräser Eckenverr.		
155	Kegelstumpffräser		Sonderw. 700–900
156	Kegelstumpffräs. Eck.		
157	Kegeliger Gesenkfräs.		
			 Abbruch
			 OK

Abbildung 17: Neues Werkzeug – Offset – vor der Anpassung

Importiert man in der unveränderten Version von SinuTrain eine Fräs-Dreh-Maschine, so können alle Werkzeuge einer Standard-Fräsmaschine angelegt werden, jedoch keine Drehwerkzeuge (siehe Abbildung 17).

Um diesen Umstand zu ändern, bedarf es der Einfügung eines xml-Dokumentes in den Anwendungsdaten.

Im Anwenderverzeichnis der aktuellen Version, unter dem Ordnerpfad hmi\user\sinumerik\hmi\cfg wird eine Datei mit dem Namen sltmlistconfig.xml (**Solu**tion**Line ToolManagement LIST CONFIG**uration) benötigt.

Die Datei wurde in einer Toolbox bereitgestellt und konnte mir auf Anfrage zugesandt werden. Die Toolbox gehört zum Lieferumfang einer gekauften SinuTrain-Lizenz.

Sie enthält die neuen Werkzeugtypen nebst passendem vertikalen Softkey (Drehstahl 500-599), sowie eine überarbeitete Favoritenliste, was man anhand der Abbildung 18 sehen kann.



Abbildung 18: Neues Werkzeug – Offset – nach der Anpassung

4.1.2 „Freischalten“ der Dreh-Funktionen

Darüber hinaus zeigt das HMI – im Auslieferungszustand – im Bearbeitungsmodus unter dem Menüpunkt „Diverses“ (siehe Abbildung 19) in der VSL lediglich den Ein-

trag „Anstellen Fräswerkz.“ an dritter Stelle (siehe Abbildung 20). Um diesen Eintrag in „Schwenken Werkzeug“ mit den entsprechenden Funktionen (Abbildung 22) zu ändern, muss erneut eine Anpassung in den Anwendungsdateien erfolgen.



Abbildung 19: HSL im G-Code-Modus

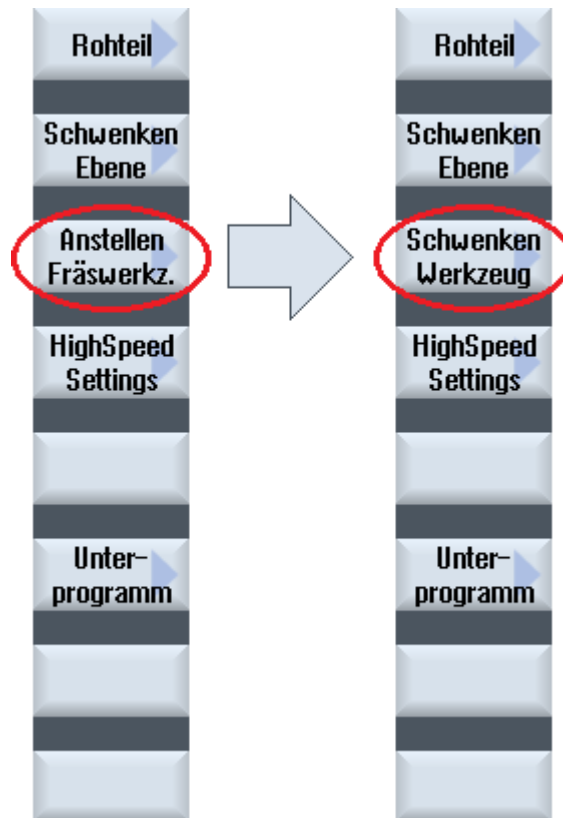


Abbildung 20: VSL vor (links) und nach (rechts) der Anpassung

Um diese Modifikation vorzunehmen, muss die Datei slstepeditorconfig.xml aus dem Anwenderverzeichnis hmi\siemens\sинumerik\hmi\appl in das bereits zuvor genutzte Verzeichnis hmi\user\sинumerik\hmi\cfg kopiert werden.

Hierbei wird die bereits vorhandene slstepeditorconfig.xml-Datei überschrieben.

```
<SWIVELSETTING>
  <SwivelTools value="true" type="bool" />
</SWIVELSETTING>
```

Abbildung 21: Zu ändernder Parameter in slstepeditorconfig.xml

Anschließend im Bereich SWIVELSETTING der Wert auf „true“ umgeändert, wie in Abbildung 21 zu sehen ist.

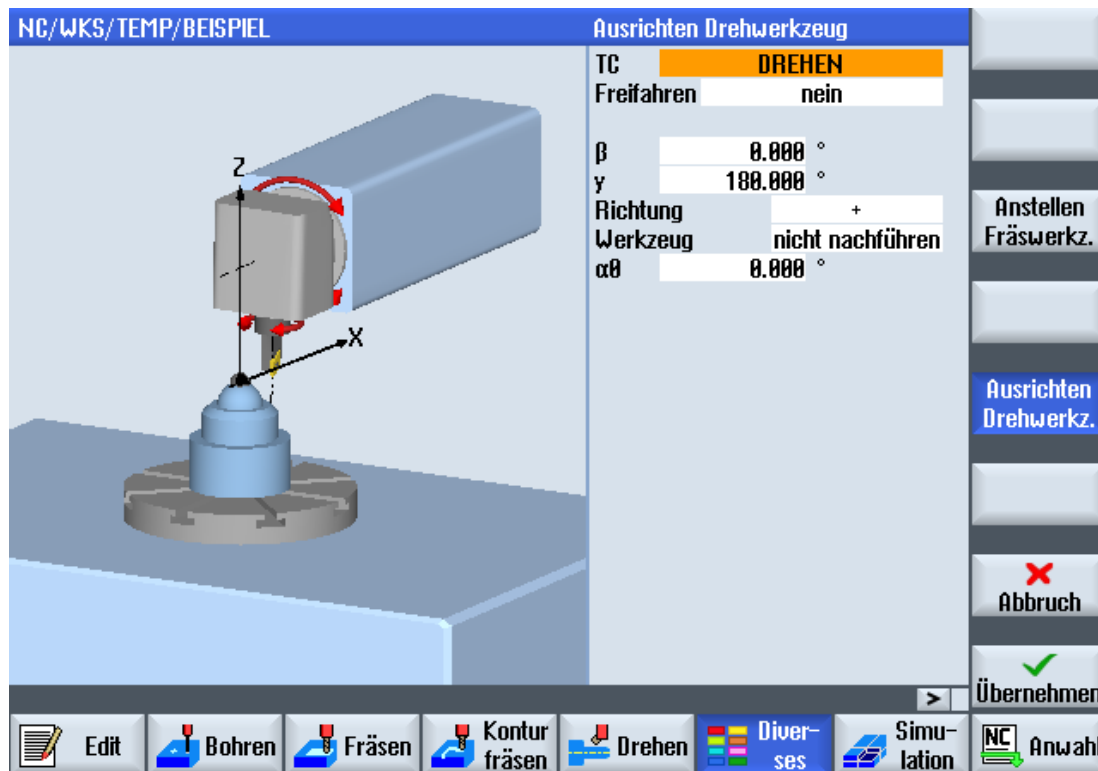


Abbildung 22: Neue Option: Ausrichten Drehwerkz.

4.2 Testprogramme, Schnittdaten und Werkzeuge

Wie bereits beim In-Betrieb-nehmen der Fräsfunktionen der Fräs-Dreh-Maschine während des Praktikums, so waren auch zur Überprüfung der Dreh- und Fräs-Dreh-Funktionen Testprogramme für alle neu hinzu gekommenen Funktionen/Zyklen von Nöten, inklusive der dafür passenden Werkzeuge sowie deren Schnittwerte.

Darüber hinaus mussten die zuvor funktionierenden Testprogramme für alle Fräsfunktionen weiterhin ohne Probleme ablaufen und erneut getestet werden.

Schnittdaten, als auch Vorschübe und Schnitttiefen wurden abermals aus dem Tabellenbuch Metall entnommen, erneut mit der Kombination aus Hartmetall-Werkzeug und Aluminium-Werkstück. [41]

4.3 Maschinendaten ändern

4.3.1 MD 10716

Das Maschinendatum 10716[0] wurde, für die Arbeit an eigenen Zyklen, in „WZW“ umbenannt, um das jeweils aktuelle Werkzeugwechselprogramm unter dem Namen WZW.SPF abspeichern zu können und das Maschinendatum nicht ein weiteres Mal anpassen zu müssen.

4.3.2 MD 20270

Der Standardwert „0“, welcher in diesem Maschinendatum hinterlegt ist, wurde in „1“ geändert.

Um Fehler aufgrund vergessener Schneidenwahl vorzubeugen wird bei einer nicht korrekt angewählten Schneide automatisch die Schneide „D1“ aktiviert.

4.4 Zyklen anpassen

4.4.1 Werkzeugwechsel

Der erstellte Werkzeugwechselzyklus, wie in 4.3.1 erwähnt unter dem Namen „WZW“ abgelegt, basiert auf dem Werkzeugwechsel aus der Praktikumsarbeit.

In Anlage 1 ist der komplette Werkzeugwechselzyklus hinterlegt. Er ist unter anderem für Schulungen im Technologie- & Application-Center Erlangen verwenden und wurde dort auch geschrieben.

Die zu Beginn definierten Parameter _WWPZ, _WWPX, _WWPY und _SPP kann die Werkzeugwechselposition und die Spindelposition bei Werkzeugwechsel vom Nutzer so programmiert werden, wie es die Kinematik der Maschine vorsieht.

4.4.2 Veränderungen im CUST_800

Im CUST_800 muss die Funktionsmarke _M70 (Align tool: Initialization) verändert werden, um die Bearbeitung von der Drehfunktionen einwandfrei gewährleisten zu können.

Der Aufbau dieser Funktionsmarke ist im Auslieferungszustand, wie man anhand von Abbildung 23 sehen kann:

```
_M70: ; Align tool: Initialization
  IF($P_SMODE[1]==1)                ; Tool spindle is in spindle mode
    N800700 SPOS[1]=0                ; Tool spindle in C axis mode
  ENDIF
  N800701 SETMS(2)                    ; set table as master spindle
  N800702 DIAMON                      ; plane axis as diameter for turning
  GOTOF _MEND
;
```

Abbildung 23: Funktionsmarke _M70 (Standard-CUST_800)

Um die Drehfunktionalitäten abrufen zu können, darf es einer Anpassung der Funktionsmarke _M70 nach dem ENDIF-Befehl.

Ziel ist die Einbeziehung der kinematischen Kette, beziehungsweise des dafür erstellten Zyklus (siehe auch Abschnitt 3.1.4). Bevor die kinematische Kette aktiviert wird, werden mittels TRAFOOF alle bisher aktivierten Transformationen deaktiviert.

Nun folgt der Aufruf der kinematischen Kette durch den Aufruf des entsprechenden Zyklus: KINEMATISCHE_KETTE.

Nachdem die Kette aufgerufen und ausgeführt wurde, müssen die in ihr umgeschriebenen Maschinendaten noch wirksam gesetzt werden. Dies geschieht über den Befehl NEWCONF in der nächsten Zeile. [42]

Die neue Funktionsmarke _M70 sieht anschließend wie in Abbildung 24 aus.

```
_M70: ; Align tool: Intitalize
  IF($P_SMODE[1]==1)           ; Tool spindle is in spindle mode
    N800700 SPOS[1]=0           ; Tool spindle in C axis mode
  ENDIF
  TRAFOOF                       ; transformations of
  KINEMATISCHE_KETTE
  NEWCONF
  N800701 SETMS(2)               ; set table as master spindle
  N800702 DIAMON                 ; plane axis as diameter for turning
  CUT2DF                         ; adapt radius compensation to frame
  GOTOF _MEND
;
```

Abbildung 24: Überarbeitete Funktionsmarke _M70

Somit sind die Drehbearbeitungen und Drehwerkzeuge vollständig in die Maschine eingepflegt.

Nun widmen wir uns der Abwahl der Drehfunktionen, beziehungsweise dem automatischen Umschalten in die Fräs-Umgebung bei Abwahl der Drehfunktionalität.

Dieses automatische Abschalten wird im Programm des Maschinenbedieners durch den Befehl „CYCLE800()“ initialisiert. Über diesen Befehl wird im CUST_800 die Funktionsmarke _M40 angesprungen, welche im unveränderten CUST_800 wie in Abbildung 25 aussieht.

```
_M40: ; User Init
;N800400 SETMS(1)               ; set tool spindle as master spindle
;N800401 DIAMOF                 ; no plane axis as diameter for milling
;N800402 G17                    ; plane G17 (X, Y, Z)
GOTOF _MEND
;
```

Abbildung 25: Funktionsmarke _M40 (Standard-CUST_800)

Um die Maschine wieder in den Zustand vor der Aktivierung der Drehbearbeitung zu versetzen, müssen die in der ursprünglichen Marke auskommentierten drei Zeilen wieder aktiviert werden, wie es in Abbildung 26 zu sehen ist.

```

_M40: ; User Init
  N800400 SETMS(1)           ; set tool spindle as master spindle
  N800401 DIAMOF             ; no plane axis as diameter for milling
  N800402 G17                ; plane G17 (X, Y, Z)
  GOTOF _MEND
;

```

Abbildung 26: Überarbeitete Funktionsmarke _M40

Die beiden Funktionsmarken sind nun ausreichen verändert, um die Dreh- und wieder aktivierten Fräs-Funktionen nutzen zu können.

Eine weitere Überarbeitung dieser beiden Funktionsmarken ist noch in Hinblick auf ein erleichtertes Programmieren zu erledigen.

Für _M70 und die aktivierte Drehbearbeitung sollen in einer weiteren Zeile, wie in Abbildung 27 zu sehen ist, die Bearbeitungsebene G18, sowie der Vorschub in mm (je Umdrehung) aktiviert werden, um die Programmierung von Drehbearbeitungen zu erleichtern.

```

_M70: ; Align tool: Intitalize
  IF($P_SMODE[1]==1)        ; Tool spindle is in spindle mode
    N800700 SPOS[1]=0        ; Tool spindle in C axis mode
  ENDIF
  TRAFOOF                   ; transformations of
  KINEMATISCHE_KETTE
  NEWCONF
  N800701 SETMS(2)           ; set table as master spindle
  N800702 DIAMON             ; plane axis as diameter for turning
  CUT2DF                     ; adapt radius compensation to frame
  G18 G95 M5                 ; feed per revolution, spindle stop
  GOTOF _MEND
;

```

Abbildung 27: Fertige Funktionsmarke _M70

Die Marke _M40 enthält bereits die wieder aktivierte G17-Ebene. Hinzu kommt (siehe Abbildung 28) eine Umstellung des Vorschubs, damit über G94 fortan die Vorschubgeschwindigkeit in mm pro Minute aktiv ist.

```

_M40: ; User Init
  N800400 SETMS(1)           ; set tool spindle as master spindle
  N800401 DIAMOF             ; no plane axis as diameter for milling
  N800402 G17 G94            ; plane G17 (X, Y, Z), feed per minute
  GOTOF _MEND
;

```

Abbildung 28: Fertige Funktionsmarke _M40

5 Probleme

Im vorletzten Kapitel richtet sich der Fokus auf die verschiedenen Probleme, welche durch den aktuellen Softwarestand bedingt sind, beziehungsweise bei welchen ein größerer Eingriff innerhalb der SinuTrain-/Programmierstruktur von Nöten/sinnvoll war.

5.1 Der Zyklus KINEMATISCHE_KETTE

Da die kinematische Kette im Softwarestand 4.4 noch nicht implementiert ist, muss sowohl die Kette, als auch ihr Aufruf von Hand eingefügt, beziehungsweise in die Zyklen integriert werden.

Da die Kette „nur“ als Zyklus integriert und nicht wie später vorgesehen in den Routinen des NCK verankert ist, kann sie (noch nicht) als Fundament für andere Transformationen genommen werden oder eine integrierte Kollisionsüberprüfung zur Verfügung stellen.

Zumal der Bereich der Tischkette innerhalb der kinematischen Kette in großen Teilen auf Toolcarrier-Daten aufbaut, wohingegen bei der vollständigen Integration der kinematischen Kette eine umgekehrte Abhängigkeit entstehen soll und TC-Daten auf der kinematischen Kette aufbauen.

5.2 Modifikation von SinuTrain

Die Anpassungen von SinuTrain, die in Kapitel 4.1 beschreiben sind, müssen in kommenden Versionen mit einer integrierten Fräs-Dreh-Maschine im Auslieferungszustand von SinuTrain vollzogen sein.

Die Anpassung der Routinen durch den Nutzer kann nicht nur zu Fehlern mit dem Produkt führen, auch die Nutzerfreundlichkeit mit dem etwas umständlichen Verändern/Einfügen der Dateien würde sinken.

6 Fazit und Ausblick

Abschließend möchte ich, neben dem Aussprechen eines Fazits, noch einen Blick in weitere Entwicklungen und (notwendige) Veränderungen bezüglich SinuTrain geben.

6.1 Fazit: Ein erster Schritt ist getan

Die Implementierung einer ersten Fräs-Dreh-Maschine in SinuTrain ist gelungen, doch ist dies erst ein Schritt auf dem Weg zur Integration des Themenbereichs Multitasking in die Anwendersoftware SinuTrain.

So lässt sich im aktuellem Stadium vor allem im Hinblick auf die Punkte 4.1 und 5.3 sagen, dass neben einer angepassten Maschinenkonfiguration – in diesem Fall die funktionierende Fräs-Dreh-Maschine – noch einige Überarbeitungen am Hauptprogramm durchgeführt werden müssen, um sowohl funktional (siehe Kapitel 4.1)] als auch optisch (siehe Abbildung 29) die Trainingssoftware auf einem aktuellen Stand zu halten.

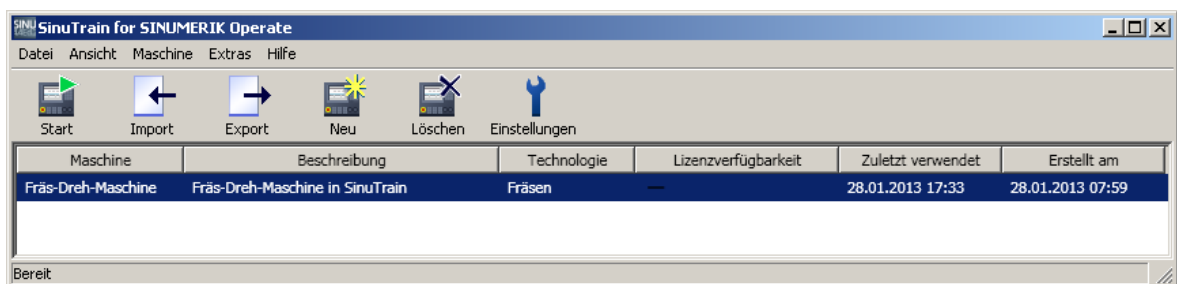


Abbildung 29: Anzeige der Maschinentechnologie (noch) unvollständig

Die Grundlage zur Anzeige einer Technologie „Fräs-Drehen“ oder „Dreh-Fräsen“ ist dabei bereits gegeben, da in den Kanal-Maschinendaten eine Haupt- und Nebentechnologie eingespeichert wird. Über MD 52200 wird die Haupttechnologie, über MD 52201 die Nebentechnologie definiert. [43] Mit Hilfe einer Auswertung durch SinuTrain könnte somit die Technologie-Anzeige modifiziert werden.

6.2 Ausblick und die weitere Entwicklung

Welche zukünftigen Entwicklungen und Neuerungen sind in absehbarer Zeit für SinuTrain noch zu erwarten?

6.2.1 Weitere Multitasking-Maschinen in SinuTrain

Das Pendant zur Fräs-Dreh-Maschine, die Dreh-Fräs-Maschine, ist eine der ersten, vielmehr nächstliegenden Neuerungen, die in SinuTrain integriert werden muss. Neben der Unterstützung sämtlicher Fräs-Technologien und Fräsmaschinen-Variationen bedarf es noch einer standardisierten Dreh-Fräs-Maschine in SinuTrain, um auch im Bereich der Dreh-Bearbeitung den Anschluss zu wahren.

6.2.2 Mehrkanal-Maschinen

Mit dem Bereich der Mehrkanal-Maschinen fehlt darüber hinaus noch ein weiteres Feld, beziehungsweise Maschinentyp. Mag es auch viele verschiedenste Konfigurationen von Mehrkanal-Maschinen geben – eine Drehmaschine mit zwei Revolvern, eine Dreh-Fräs-Maschine mit B-Achs-Kopf und Revolver oder eine Fräsmaschine mit mehreren Hauptspindeln, um ein paar Beispiele zu nennen – und somit unterschiedlichste Anforderungen gestellt sein, so ist der – lernende – Einblick in die funktions- und bedienweise dieser Maschinen noch ein Kapitel, um welches SinuTrain ergänzt werden muss.

6.3 Wünschenswert: Verzahnung der Entwicklungen

Wünschenswert für die Zukunft wäre von daher, dass die Entwicklung von SinuTrain stärker mit der SINUMERIK-Entwicklung verzahnt wird, und sowohl neue Zyklen, als auch neue Maschinen und Technologien zeitnah oder vielleicht sogar zuerst in SinuTrain integriert werden, um dem Kunden vorweg Einblicke in zukünftige Neuerungen zu geben und die Möglichkeit besteht, das Wissen des Anwenders frühzeitig um diese Neuerungen zu erweitern.

Literatur

- [1] Siemens AG: interne Dokumente zu SinuTrain

- [2] Siemens AG: interne Präsentation zu SinuTrain

- [3] Siemens AG: Testversion SinuTrain Operate 2.6 SP1 HF1 zum Download; URL:
<http://www.cnc4you.siemens.com/cms/website.php?id=/de/cnc-fachthemen/downloads/trial-sinutrain-v26-sp1-download.htm>

- [4] Siemens AG: Lieferfreigabe Maschinenkonfiguration SinuTrain für SINUMERIK Operate 2.6 SP1; URL:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/49577868?func=ll&objId=49577868&objAction=csView&nodeid0=10805517&lang=de&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&load=content> ; verfügbar am 11.04.2011

- [5] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl / 828D Erweiterungsfunktionen; Funktionshandbuch; Ausgabe 07/2012; Bestellnr.: 6FC5397-1BP40-3AA0; Vorwort: Datentypen; S. 6/1034; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64932954/FB2_0712_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 12.10.2012

- [6] Siemens AG: SINUMERIK 828D/840D sl Fräsen mit SINUMERIK Formenbau von 3-bis 5-Achsen Simultanfräsen; Handbuch; Ausgabe 09/2011; Bestellnr.: 6FC5095-0AB10-0AP2; 3.2 Begriffserklärung Schwenken, Frames und TRAORI; S. 43/128; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/56315257/SIN_WF5_0911_de.pdf ; verfügbar am 10.11.2011

- [7] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Drehen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-8CP40-3AA0; 8.6.2

Schwenken Werkzeug (CYCLE800); S. 470-473/804; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895686/BHDsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012

- [8] Siemens AG: SINUMERIK 840D/840Di/810D/802D sl: Werkzeug- und Formenbau (3 Achsen); Handbuch; Ausgabe 08/2007; Bestellnr.: 6FC5095-0AB20-0AP0; 3.3 Schwenken – CYCLE800: Maschinenkinematiken; S. 66/100; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/28787329/SIN_WF_0807_de.pdf ; verfügbar am 17.03.2008
- [9] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Drehen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-8CP40-3AA0; 8.6.1 Schwenken Ebene / Ausrichten Werkzeug (CYCLE800); S. 461-469/804; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895686/BHDsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012
- [10] Siemens AG: SINUMERIK 840Di sl/840D sl/840D HMI-Advanced; Bedienhandbuch; Ausgabe 01/2008; Bestellnr.: 6FC5398-2AP10-3AA0; 4.2.6 G-Funktionen, Transformationen und Schwenkdaten anzeigen: Voraussetzung; S. 100/470; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/28755255/BAD_0108_de.pdf ; verfügbar am 13.03.2008
- [11] Siemens AG: SINUMERIK 828D/840D sl Fräsen mit SINUMERIK Formenbau von 3- bis 5-Achsen Simultanfräsen; Handbuch; Ausgabe 09/2011; Bestellnr.: 6FC5095-0AB10-0AP2; 3.4 Schwenken – CYCLE800: Abbildung Maschinenkinematiken; S. 45/128; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/56315257/SIN_WF5_0911_de.pdf ; verfügbar am 10.11.2011
- [12] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/840D/840Di sl Zyklen; Programmierhandbuch; Ausgabe 01/2008; Bestellnr.: 6FC5398-3BP20-1AA0; 3.16.1 Allgemeines: Funktion; S. 211/430; URL:
http://www.automation.siemens.com/doconweb/pdf/SINUMERIK_SINAMICS_04_2009_D/PGZ.pdf

- [13] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl Basesoftware und Bedien-Software; Inbetriebnahmehandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5397-1DP40-3AA0; 20.6.5 Herstellerzyklus CUST_800.SPF; S. 467-472/942; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64932319/IHsl_IM9_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 12.10.2012
- [14] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl / 828D Arbeitsvorbereitung; Programmierhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-2BP40-3AA0; 16.1.37 Schwenken - CYCLE800; S. 737-738/878 URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64930686/PGA_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 12.10.2012
- [15] Siemens AG: SINUMERIK 840D/840Di/810D/802D sl Werkzeug- und Formenbau (3 Achsen); Handbuch; Ausgabe 08/2007; Bestellnr.: 6FC5095-0AB20-0AP0; 3.3 Schwenken – CYCLE800: Parameter der Eingabemaske; S. 68-69/100; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/28787329/SIN_WF_0807_de.pdf ; verfügbar am 17.03.2008
- [16] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Fräsen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-7CP40-3AA0; 8.6.2.2 Schwenken Ausrichten Werkzeug - nur bei G-Code-Programm (CYCLE800); S. 465/718; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895700/BHFsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012
- [17] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Fräsen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-7CP40-3AA0; 8.6.1 Schwenken Ebene/Werkzeug (CYCLE800); S. 453/718; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895700/BHFsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012
- [18] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl Basesoftware und Bedien-Software; Inbetriebnahmehandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5397-1DP40-3AA0; 20.6.3 Inbetriebnahme kinematische Kette (Schwenkdatensatz): Systemvariable \$TC_CARR37[n]; S.

454/942; URL:

http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64932319/IHsl_IM9_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 12.10.2012

- [19] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl Basesoftware und Bedien-Software; Inbetriebnahmehandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5397-1DP40-3AA0; 20.3.1 Herstellerzyklen anpassen; S. 407/942; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64932319/IHsl_IM9_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 12.10.2012
- [20] Siemens AG: internes Dokument zum 5-Achs-Training
- [21] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl Fräsen Standardzyklus: CUST_800.SPF; SINUMERIK 4.4 Edition 2 Hotfix 1
- [22] Siemens AG: interne Präsentation zu Kinematischen Ketten
- [23] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl Basesoftware und Bedien-Software; Inbetriebnahmehandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5397-1DP40-3AA0; 20.6.3 Inbetriebnahme kinematische Kette (Schwenkdatensatz): Kinematiktypen \$TC_CARR23[n]; S. 449/942; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64932319/IHsl_IM9_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 12.10.2012
- [24] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl Basesoftware und Bedien-Software; Inbetriebnahmehandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5397-1DP40-3AA0; 20.6.3 Inbetriebnahme kinematische Kette (Schwenkdatensatz): Offsetvektoren I1 bis I4; S. 448/942; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64932319/IHsl_IM9_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 12.10.2012
- [25] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl Basesoftware und Bedien-Software; Inbetriebnahmehandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5397-1DP40-3AA0; 20.6.3 Inbetriebnahme kinematische Ket-

- te (Schwenkdatensatz): Rundachsvektoren V1 und V2; S. 448/942; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64932319/IHsl_IM9_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 12.10.2012
- [26] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl / 828D Grundfunktionen; Funktionshandbuch; Ausgabe 09/2011; Bestellnr.: 6FC5397-0BP40-2AA0; 18.6 Orientierbare Werkzeugträger: Maschinen mit drehbarem Werkzeug; S. 1584-1585/1897; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/56950502/FB1_0911_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 01.12.2011
- [27] Siemens AG: SINUMERIK 828D Drehen und Fräsen; Inbetriebnahmehandbuch; Ausgabe 11/2010; Bestellnr.: 6FC5397-3DP40-0AA0; 20.6.1 Technologische Zyklen für Schwenken: Voraussetzungen; S. 200/444; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/39149172/IH_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 16.09.2010
- [28] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Fräsen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-7CP40-3AA0; 8.4.2 Abspannen (CYCLE951); S. 395-398/718; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895700/BHFsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012
- [29] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Fräsen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-7CP40-3AA0; 8.4.3 Einstich (CYCLE930); S. 398-400/718; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895700/BHFsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012
- [30] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Fräsen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-7CP40-3AA0; 8.4.4 Freistich Form E und F (CYCLE940); S. 401-403/718; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895700/BHFsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012

- [31] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Fräsen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-7CP40-3AA0; 8.4.5 Freistich Gewinde (CYCLE940); S. 403-406/718; URL: http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895700/BHFsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012
- [32] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Fräsen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-7CP40-3AA0; 8.4.8 Abstich (CYCLE92); S. 418-420/718; URL: http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895700/BHFsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012
- [33] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Fräsen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-7CP40-3AA0; 8.4.6 Gewindedrehen (CYCLE99); S. 406-415/718; URL: http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895700/BHFsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012
- [34] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Fräsen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-7CP40-3AA0; 8.4.7 Gewindekette (CYCLE98); S. 415-418/718; URL: http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895700/BHFsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012
- [35] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D Fräsen; Bedienhandbuch; Ausgabe 02/2012; Bestellnr.: 6FC5398-7CP40-3AA0; 8.5.7 Abspannen (CYCLE952); S. 434-439/718; URL: http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64895700/BHFsl_0212_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 11.10.2012
- [36] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl ShopTurn; Bedienen/Programmieren; Ausgabe 01/2008; Bestellnr.: 6FC5398-5AP10-2AA0; 4.3 Arbeitsschritt-Programm: F (Vorschub); S. 142/458; URL: http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/28739059/BATsl_0108_de.pdf ; verfügbar am 02.04.2008

- [37] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl/828D/802D sl ISO-Dialekte; Funktionshandbuch; Ausgabe 09/2009; BestellNr.: 6FC5397-7BP10-1AA0; 3.1.4 Werkzeugwechselzyklus: ISO-Dialekt-Mode; S. 84/199; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/39304934/FBFA_0909_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 02.11.2009
- [38] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl Inbetriebnahme CNC: NCK, PLC, Antrieb; Inbetriebnahmehandbuch; Ausgabe 02/2012; BestellNr.: 6FC5397-2AP40-3AA0; 7.6.5 Maßsystemumschaltung: Maschinendaten; S. 233/412; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64932520/IDsl_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 12.10.2012
- [39] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl / 828D Grundfunktionen; Funktionshandbuch; Ausgabe 07/2012; BestellNr.: 6FC5397-0BP40-3AA0; 1.2.4 Signale an/von Bedientafelfront: Dunkelsteuerung über die Tastatur bzw. automatischer Bildschirmschoner; S. 38/1988; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64932982/FB1_0712_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 12.10.2012
- [40] Siemens AG: SINUMERIK 840Di sl/840D sl/840D HMI-Advanced; Bedienhandbuch; Ausgabe 01/2008; BestellNr.: 6FC5398-2AP10-3AA0; 9.2 Maschinendaten; S. 432-433/470; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/28755255/BAD_0108_de.pdf ; verfügbar am 13.03.2008
- [41] Fischer, Ulrich; Gomeringer, Roland; Heinzler, Max: Tabellenbuch Metall. – Haan-Gruiten: EUROPA Lehrmittel, 44. Auflage - 2005
- [42] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl, SINAMICS S120 Listenhandbuch 1; Listenhandbuch; Ausgabe 02/2012; BestellNr.: 6FC5397-7AP40-3AA0; 1.1.3 Bedeutung der Tabellenfelder: Wirksamkeit; S. 10/1262; URL:
http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/64915903/LIS1sl_0212_de.pdf ; verfügbar am 11.10.2012

- [43] Siemens AG: SINUMERIK 840D sl Ausführliche Beschreibung der Maschinendaten; Listenhandbuch; Ausgabe 02/2011; Bestellnr.: -; 5 Maschinen- und Settingdaten für SINUMERIK Operate und Zyklen: 52200; 52201; S. 773-774/894; URL: http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/csfetch/67286251/AMDsl_0211_de_de-DE.pdf ; verfügbar am 15.08.2012

Anlagen

Anlage 1: Werkzeugwechselprogramm TAC Erlangen.....	A-I
---	-----

Anlage 1: Werkzeugwechselprogramm TAC Erlangen

```
PROC WZW SAVE

;-----
; Beispiel Werkzeugwechselzyklus fuer Maschinenhersteller
;-----
DEF INT _WZ_IN_SP,_WZ_VOR
DEF REAL _WWPZ=500          ; Werkzeugwechselposition MKS
DEF REAL _WWPX=0            ; Werkzeugwechselposition MKS
DEF REAL _WWPY=5            ; Werkzeugwechselposition MKS
DEF REAL _SPP=0             ; Spindelposition
;
IF(NOT $P_SEARCH)           ; wenn kein Satzsuchlauf
  _WZ_IN_SP=$TC_MPP6[9998,1] ; Werkzeug in der Spindel
  GETSELT(_WZ_VOR)          ; vorangewaehltes Werkzeug
;
IF(_WZ_IN_SP<>_WZ_VOR)      ; wenn anderes Werkzeug
  ; Spindel positionieren:
  SPOS=_SPP
  ; Werkzeugwechselposition anfahren:
  SUPA DO G0 G90 G40 G60 Z=_WWPZ X=_WWPX Y=_WWPY
ENDIF
ELSE
  M5                        ; Spindel stoppen
;
  IF(E_SIM_ACTIVE)         ; wenn Simulation aktiv
    ; Werkzeugwechselposition anfahren:
    SUPA DO G0 G90 G40 G60 Z=_WWP
  ENDIF
ENDIF
ENDIF
;
; Werkzeug einwechseln: Werkzeugverwaltung und PLC
trafoof
M206
M17
;-----
; ENDE
;-----
```